



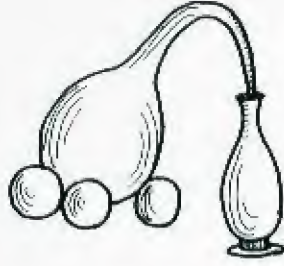
कक्षाणीरसायनविज्ञानकी अम्ल
क्षारअभिक्रियाउत्प्रेरकलवणतत्त्व
समीकरणअविनप्रयोगपरमाणु
इलेक्ट्रॉनकणतरंगस्पेक्ट्रम
उपकरणसमस्थानिकसिद्धांत
प्रकाशमूलकधातुलवण विकिरण
कार्बनिकसंयोजकताअणु
यौगिकआवेशितआयन व्हाटम
तत्त्वआवर्तसारणीपरमाणु लवण
अम्लइलेक्ट्रॉनअणुरसायनबंधन

कक्षाणी

रसायन विज्ञान की

अनिर्बान हाजरा
डिजायन : मधुवंती अनंतराजन

कहानी रसायान विज्ञान की



लेखक : अनिर्बान हाज़रा
चित्रांकन : मधुवंती अनंतराजन
अनुवाद : देवेंद्र मेवाड़ी



विज्ञान प्रसार

प्रकाशक

विज्ञान प्रसार

ए-50, इंस्टीट्यूशनल एरिया

सेक्टर-62, नोएडा 201 307 (उ.प्र.)

पंजीकृत कार्यालय : टेक्नोलॉजी भवन, नई दिल्ली-110 016

फोन : 0120-2404430, 35

फैक्स : 0120-2404437

ई-मेल : info@vigyanprasar.gov.in

इंटरनेट : <http://www.vigyanprasar.gov.in>

कहानी : रसायन विज्ञान की

लेखक : अनिर्वान हाजरा

चित्रांकन : मधुवंती अनंतराजन

हिंदी अनुवाद एवं संपादन : देवेन्द्र मेवाड़ी

प्रॉडक्शन : डॉ. सुबोध महंती

शब्द संयोजन एवं पृष्ठ योजना : सुभाष भट्ट

© विज्ञान प्रसार

प्रथम हिन्दी संस्करण : जुलाई 2007

ISBN: 81-7480-136-7

सर्वाधिकार सुरक्षित। प्रकाशक की लिखित अनुमति के बिना पुस्तक के किसी अंश का पुनः प्रकाशन अथवा फोटोकॉपी, रिकॉर्डिंग या किसी अन्य तरीके से पुनः प्रयोग नहीं किया जा सकता।

मूल्य : 75/-

मुद्रक : सोनू प्रिंटिंग प्रेस प्रा. लि., एस-217, बैंक स्ट्रीट, मुनिरका,

नई दिल्ली-67, दूरभाष : 26104029

आमुख

रसायन विज्ञान के प्राचीनकाल से लेकर आधुनिक विज्ञान बन जाने तक की कहानी है—*रसायन विज्ञान की कहानी*। हमारा उद्देश्य रसायन विज्ञान के इतिहास को अधिक से अधिक पाठकों तक पहुंचाना है जिसमें स्कूली छात्र और आम जन भी शामिल हैं। हमें आशा है, हमारे पाठक सीधे-सादे तरीके से लिखित-चित्रित इस पुस्तक को पढ़ने का आनंद उठाएंगे।

विषय को सरल-सहज बनाने के लिए हमने पुस्तक के ले-आउट में थोड़ी छूट ले ली है। जैसे, किसी वैज्ञानिक ने जो कुछ कहा है, वह शब्दशः वह नहीं है जो कहा होगा बल्कि उस बात को सरल रूप में उद्धरण चिह्नों के भीतर लिख दिया गया है। पाठक इस पुस्तक को पढ़ने के बाद हेनरी लीसेस्टर द्वारा लिखित *द हिस्टोरिकल बैकग्राउंड ऑफ कैमिस्ट्री* जैसी शैक्षिक दृष्टि से अधिक जानकारी देने वाली पुस्तक पढ़ सकते हैं।

इस पुस्तक की डिजाइन, चित्रांकन, साज-सज्जा और इसे डिजिटल रूप देने का काम मधुवंती अनंतराजन ने किया है। मैं समझता हूँ उनके साथ मेरे विचार-विमर्श, बहस, सहमति और असहमति ने इस पुस्तक की गुणवत्ता को बढ़ाने में काफी योगदान दिया है। इस योजना में उन जैसे अद्भुत साथी के सहयोग के लिए मैं बहुत आभारी हूँ।

कई लोगों की उदारता और भरपूर सहयोग के बिना इस पुस्तक को इस रूप में सामने लाना संभव नहीं था। अंतर विश्वविद्यालय खगोल विज्ञान एवं खगोल भौतिकी केंद्र (आयुका) के विज्ञान केंद्र से संबंधित अरविंद गुप्ता इस परियोजना की प्रेरक शक्ति रहे हैं। उन्होंने पुस्तक की परिकल्पना से लेकर संपादन तक, हर कदम पर सक्रिय सहयोग दिया। साथ ही, उन्होंने लेखक और चित्रकार दोनों का परिचय कराने से लेकर, धनराशि जुटाने तथा प्रकाशक से बात करने तक का बीड़ा उठाया। इसीलिए बिना किसी बात की चिंता किए हम अपना पूरा ध्यान पुस्तक के लेखन और चित्रांकन में लगा सके। उनके सहयोग के बिना इस पुस्तक का सामने आना संभव नहीं था।

हम आयुका के विज्ञान केंद्र के प्रति कृतज्ञता व्यक्त करते हैं जहां इस पुस्तक का अधिकांश काम पूरा किया गया। हम विदुला म्हाइस्कर, अशोक रूपनेर, समीर धुर्डे और अरविंद परांजपे के सहयोग के लिए भी आभार व्यक्त करते हैं जिन्होंने कार्यालय समय के बाद देर-देर तक रुक कर हमें देर तक काम करने का मौका दिया। सभी चित्रों और पुस्तक के अंत में प्रकाशित तत्वों की आवर्त सारणी के लिए विदुला को एक बार फिर धन्यवाद।

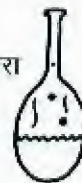
इस पुस्तक के संपादन तथा बहुमूल्य सुझावों के लिए हम अवंती सेठ राबेनहोज, एन. माधवन, वेणु गोविंदू, सोनाली शाह और अमृता हाजरा के प्रति आभार व्यक्त करते हैं।

मैं अपने वैज्ञानिक माता-पिता का ऋणी हूँ जिन्होंने मेरा उत्साह बढ़ाया और महत्वपूर्ण शैक्षिक जानकारी दी जिसमें से ज्यादातर जानकारी रात्रि-भोज की मेज पर मिली। उन्होंने बचपन से ही मेरे भीतर विज्ञान का रोमांच भरा।

जमशेदजी टाटा ट्रस्ट ने इस पुस्तक की पांडुलिपि तैयार करने के लिए आर्थिक सहयोग दिया। इसके लिए हम उनके प्रति आभार व्यक्त करते हैं।

पुणे, भारत, अक्टूबर 2006

अनिर्बान हाजरा



प्रस्तावना

‘विज्ञान प्रसार’ विज्ञान और प्रौद्योगिकी के विविध विषयों पर पुस्तकों का प्रकाशन कर रहा है। विगत अनेक वर्षों के दौरान लोकप्रिय विज्ञान के क्लासिक ग्रंथों के साथ ही भारत की वैज्ञानिक विरासत, प्रकृति-विज्ञान, स्वास्थ्य तथा ‘स्वयं करके देखो’ जैसी पुस्तकमालाएं सामने आई हैं। हमारा यही प्रयास रहा है कि विज्ञान तथा प्रौद्योगिकी के विभिन्न पहलुओं पर उचित मूल्य पर उच्चस्तरीय पुस्तकें प्रकाशित की जाएं।

विज्ञान प्रसार द्वारा प्रकाशित ‘द स्टोरी ऑफ फिज़िक्स’ पुस्तक ने हमारे प्रकाशन कार्यक्रम को एक नया आयाम दिया। इसे चित्रकथा की शैली में प्रकाशित किया गया जिसमें भौतिकी के इतिहास की महत्वपूर्ण घटनाओं और कीर्तिमानों को सरल-सहज भाषा में रोचक ढंग से प्रस्तुत किया गया। इस पुस्तक की सफलता से उत्साहित होकर ‘विज्ञान प्रसार’ ने अन्य विषयों में भी ऐसी पुस्तकों के प्रकाशन की योजना बनाई। यह पुस्तक “कहानी रसायन विज्ञान की” इसी प्रयास का सुफल है। श्री अनिरुध्न हाज़रा द्वारा लिखित इस पुस्तक में रोचक ढंग से वर्णन किया गया है कि रसायन विज्ञान का विकास विज्ञान की मूलभूत शाखाओं में एक अलग शाखा के रूप में कैसे हुआ। पुस्तक का रूपांकन तथा चित्रण मधुवंती अनंतराजन ने किया है। आशा है, अपने अनौपचारिक वर्णन तथा आकर्षक चित्रांकन के कारण यह पुस्तक अधिकतम पाठकों तक पहुंच सकेगी। हम इस पुस्तकमाला की पुस्तकों के प्रकाशन में सहयोग देने के लिए विज्ञान संचारक और ज्ञानार्जन/शिक्षण के लिए कम मूल्य के साधनों के विशेषज्ञ श्री अरविंद गुप्ता के अत्यंत आभारी हैं।

मुझे विश्वास है, हमारे पाठक इस पुस्तक का स्वागत करेंगे।

20 जुलाई 2017
नई दिल्ली

विनय बी. काम्बले
निदेशक
विज्ञान प्रसार

रसायनों की

हलचल हो रही है, हर समय, हमारे चारों ओर! सूरज रोशनी और गर्मी दे रहा है, पेड़-पौधे उग रहे हैं, जीव-जंतु ऊर्जा के लिए भोजन कर रहे हैं और मरे हुए जीव सड़-गल रहे हैं। इन सबमें रसायन अपना-अपना काम कर रहे हैं। हमारे शरीर में ही हर समय हजारों रासायनिक क्रियाएं चल रही हैं - भोजन का पचना, आंखों से देखना, अंगुलियों से छूना, शरीर का विकास, उम्र बढ़ना - सब कुछ रसायनों की प्रक्रियाओं से होता है।



लाखों वर्षों से चल रही हैं रसायनों की प्रक्रियाएं लेकिन हमने इन्हें अच्छी तरह हाल ही में समझा है। रसायनों के रहस्यों को समझने की कला है रसायन विज्ञान।

पदार्थ

की जानकारी का

विज्ञान है

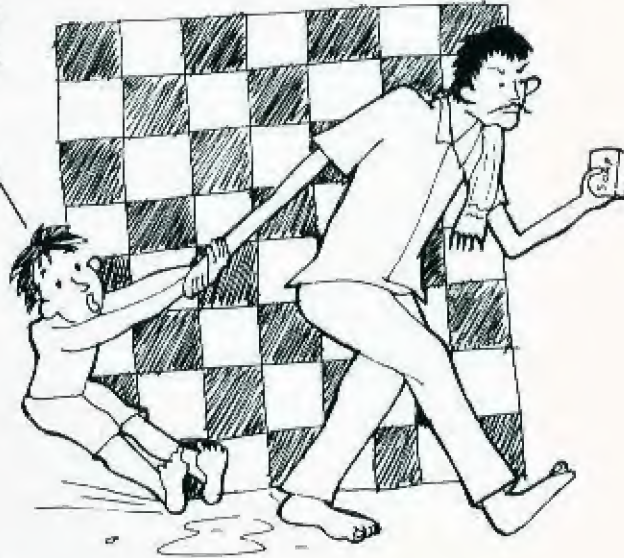
रसायन
विज्ञान

-वह विज्ञान जो बताता है
किस चीज से बने हैं पदार्थ
उनके गुण क्या हैं और उनमें
क्या-क्या परिवर्तन होते हैं।

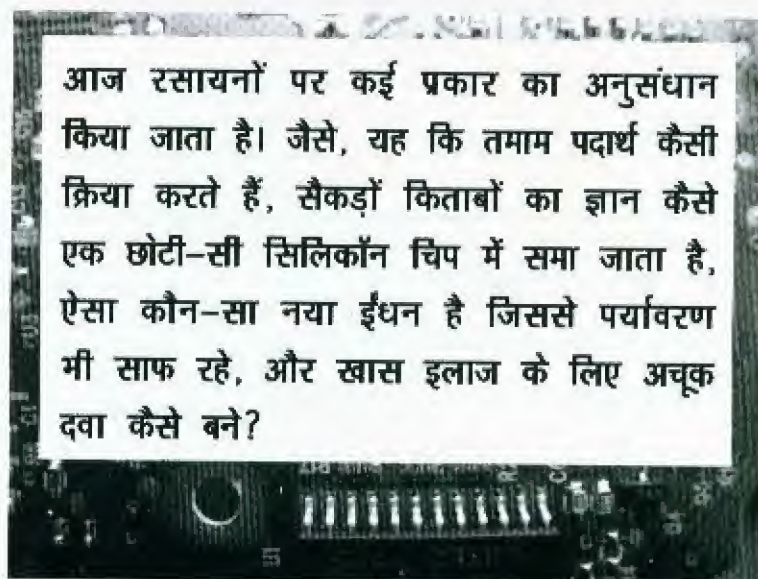


एक बात और, रसायन विज्ञान का हम मनुष्यों से सीधा संबंध है। इसका असर हमारी रोज़ाना की ज़िंदगी पर पड़ता है। धातुएं, मकान बनाने का साज-सामान, साबुन, दवाईयां, कागज, प्लास्टिक.....

क्या मतलब? अगर
रसायन विज्ञान न
होता तो न मैं कभी
पढ़ पाता, न नहा
पाता?



.....लड़ाई के
हथियार,
सभी रसायनों
की क्रिया
से बनते हैं।



इतना कुछ करने के लिए रसायन विज्ञान ने लंबी यात्रा तय की है।

इस पुस्तक में हम करेंगे
रसायन जगत की
रोचक सैर!

आइए, चलते हैं

100,000 वर्ष पहले



तब आदि मानव

आग

का उपयोग करना सीख चुका था। आग, यानि शाश्वत रासायनिक रूपांतर! आग का उपयोग करने से जीवन की सुरक्षा बढ़ गई। आग ने हिंसक पशुओं को भगाया, सर्दी में गरमाहट दी और खाना पकाने के काम आई।



अरे, आग को पहचानती हो ना? नई चीज है। इसके बहुत पास में सोने पर ऐसा ही हो जाता है!

तुम्हारे बाल बढ़िया हैं!

धीरे-धीरे यह भी पता लग गया कि खाना पकाने के अलावा आग कई और काम भी कर सकती हैं



5,000 ईस्वी पूर्वी

उन्हीं दिनों की बात है। दो मानवों के बीच शायद कुछ ऐसी बातचीत हुई होगी.....



प्राचीन मानव 1 : आग के नीचे की यह मिट्टी सख्त हो गई है। पानी से भी नहीं बहती।

प्राचीन मानव 2 : अरे, मुझे एक बात सूझ गई। यलो, गीली मिट्टी का एक बर्तन बना कर आग में पकाते हैं। फिर, उसमें अपनी चीजें रखेंगे।

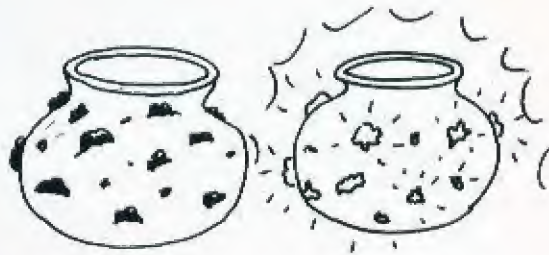
इस तरह बने मिट्टी के बर्तन। आए दिन मिट्टी के बर्तन पकाने के लिए भट्ठा बना यानि लकड़ियों की तेज आंच देने वाली भट्ठी।

फिर, एक दिन एक कलाकार कुम्हार ने भट्ठे के भीतर डालने से पहले एक बर्तन पर पत्थर की छोटी-छोटी हरी चिपियां चिपका दीं। बर्तन को भट्ठे से बाहर निकाला। देखा तो दंग रह गया।

आग में तप कर चिपियां चमकने लगीं!

पत्थर की वे सुंदर चिपियां कच्ची धातु यानि अयस्क थीं। भट्ठे की तेज आंच में तप कर वे **धातु** में बदल गईं।

रंग-बिरंगे पत्थरों को भट्ठे में तपा-तपा कर और भी अधिक धातु बनाई गई। उसमें अद्भुत गुण थे।





धातु बड़े काम की चीज निकली। उससे सजावटी सामान भी बना और औजार भी। भट्ठे में तरह-तरह के पदार्थों को तपा कर धातुएं बनाई गईं। ज्यादातर धातुएं अयस्कों से बनीं।

यानि तांबे और टिन को मिला कर बना

कांसा

इसका भरपूर उपयोग हुआ।





मानव ने प्रौद्योगिकी और कला का विकास किया। उससे मोजन को स्वादिष्ट और जीवन को आसान बनाया। सोचना हमारी विशेषता है – अपने चारों ओर घटने वाली घटनाओं के बारे में सोचना, कि ऐसा क्यों हुआ?

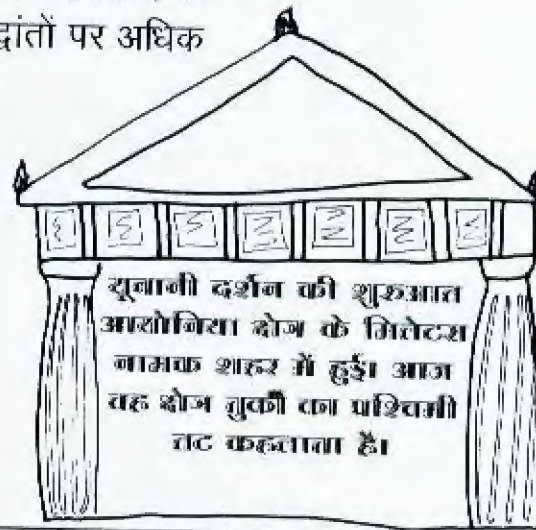
पहले तक माना जाता था—प्रकृति में जो कुछ होता है उसमें **देवताओं**, **भूत-प्रेतों** और **आत्माओं** का हाथ है। हर कुनबे में कुछ खास लोग होते थे – पुजारी, ओझा और दवा देने वाले वैद्य। उनका काम था ऐसे अलौकिक कारणों का पता लगाना, उन्हें खुश करना।



सभ्यताओं का विकास हुआ, काम बंट गए। ऐसे लोग अलग पड़ गए। उन्हें शारीरिक काम अधिक नहीं करना पड़ता था। उनके पास यह सोचने के लिए काफी समय था कि यह दुनिया ऐसी क्यों है। ये उस समय के दार्शनिक थे। इन्होंने ही सबसे पहले वैज्ञानिक सिद्धांतों की नींव डाली।



रसायन विज्ञान के सिद्धांतों का विकास सबसे पहले **6वीं शताब्दी** में कम से कम तीन सभ्यताओं में शुरू हो चुका था। वे सभ्यताएं थीं : यूनानी, भारतीय और चीनी। इनमें से यूनानी लोगों के काम के पक्के प्रमाण मिलते हैं। उन्होंने जो काम किए उनकी सही तिथियां तक मालूम हैं। इसलिए हम यूनानी सिद्धांतों पर अधिक ध्यान देंगे।



“क्या हर उस चीज को एक ही सच्चाई मान सकते हैं जो कई रूपों में हो?”



“हां, प्रकृति में ऐसी एक अकेली सच्चाई है — पानी। इसे हवा (भाप) में बदला जा सकता है और ठोस भी बनाया जा सकता है। इसलिए, मान सकते हैं कि हर चीज का जन्म इसी से हुआ।”

थेलीज ऑफ माइलीटस
(लगभग 640-546 ई.पू.)

प्रकृति में होने वाले सभी परिवर्तनों की व्याख्या का आधार थीं पदार्थ की अवस्थाएं – **गैस, द्रव, ठोस**।



आयोनिया के दूसरे दार्शनिकों ने भी विभिन्न पहले पदार्थों को चुना जैसे हवा, आग या बिना आकार का अनंत पदार्थ

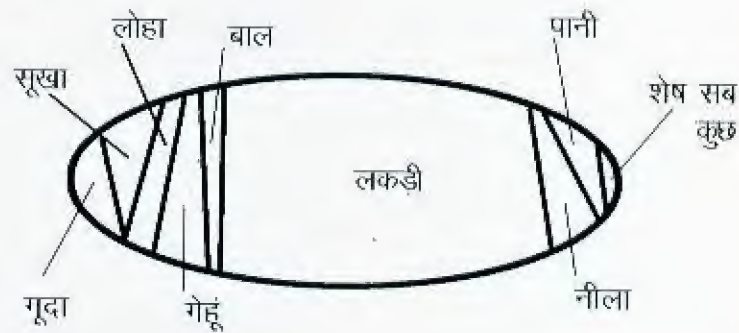
एपीरॉन ।

आयोनिया का अंतिम सुप्रसिद्ध दार्शनिक था क्लाजोमेनी का
एनाक्सागोरस। उसका कहना था कि यह दुनिया
 छोटे-छोटे कणों से बनी है, जिन्हें वह "बीज" कहता था।



“इस दुनिया में जो कुछ दिखाई देता है, वह सब अत्यंत सूक्ष्म मात्रा में बीजों में होता है। हर बीज में इनकी मात्रा अलग-अलग होती है। जैसे, जिन बीजों में लकड़ी ज्यादा होती है तो उनसे लकड़ी बनती है।”

लकड़ी के किसी टुकड़े में एक अकेला बीज ऐसा दिखाई देगा। इसमें हर चीज है लेकिन लकड़ी का अंश सबसे अधिक है।





इपेडोक्लीज से पहले तक माना जाता था कि पानी और आग के ही बीच की अवस्था है - हवा। वह कोई अलग पदार्थ नहीं है। इपेडोक्लीज ने कहा कि हवा भी पदार्थ है और इसे प्रयोग से सिद्ध किया। उसने **क्लोपसाइड्रा** पात्र का उपयोग किया। उसकी तली और सिरे पर एक-एक छेद होता है। इपेडोक्लीज ने जब तली के छेद को पानी में डुबाया तो देखा, पात्र पानी से भर गया। लेकिन, जब उसने ऊपर का छेद अंगुली से बंद कर दिया तो तली के छेद से पानी भीतर नहीं आया। जब उसने अंगुली हटाई तो पानी भर गया और हवा बाहर निकली। इस प्रयोगसे यह प्रदर्शित हुआ कि पात्र में जो हवा थी, उसने पानी को भीतर आने से रोका।

अबडेरस का डेमोक्रिटस (लगभग 460- 370 ई.पू.)

“सभी पदार्थ अत्यंत सूक्ष्म और विभाजित न होने वाले कणों यानि परमाणुओं (एटम) से बने हैं। यूनानी भाषा में एटमॉस का अर्थ है – जो विभाजित नहीं होता। चार तत्वों – पृथ्वी (मिट्टी), हवा, पानी और आग का भौतिक आकार-प्रकार है जिससे उनके कई गुणों का पता लगता है। आग के परमाणु गेंद की तरह गोल होते हैं और दूसरे तत्वों के साथ नहीं मिलते। मिट्टी, हवा और पानी के परमाणु ज्यामितीय आकारों के होते हैं और एक-दूसरे से मिल कर दिखाई देने वाले पदार्थ बनाते हैं।”

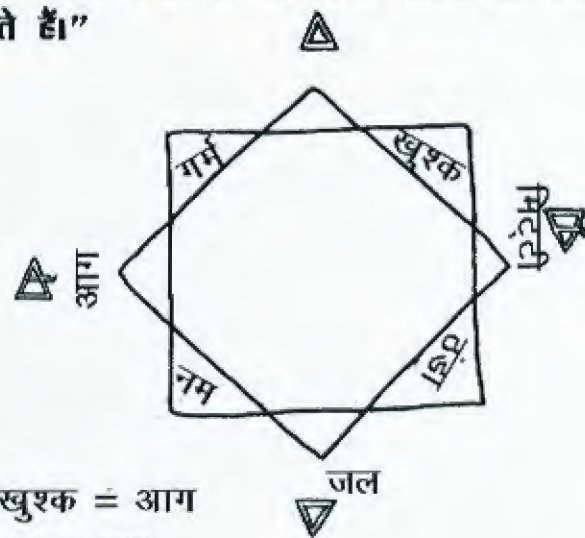
परमाणुओं के इस प्राचीन विचार और आधुनिक विचारों में बहुत समानता है। फिर भी, उन दिनों किसी भी अन्य यूनानी सिद्धांत की तरह यह भी केवल एक अनुमान था और इसका कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ा।



सबसे प्रभावशाली यूनानी दार्शनिक था

अरस्तू (लगभग 384-323 ई.पू.)। उसे विश्व विजेता सिकंदर का गुरु भी माना जाता है। प्रकृति की विस्तार से व्याख्या करने के लिए अरस्तू ने अनेक स्वयंसिद्ध सिद्धांत बनाए (जो एक-दूसरे सिद्धांत का खंडन नहीं करते)। ऐसे सिद्धांत उससे पहले किसी दार्शनिक ने नहीं बनाए थे।

“हर चीज का पक्का आधार है - निश्चित और अपरिवर्तनीय ‘मूल सामग्री’। उसी के विशेष गुणों से पदार्थ का अपना रूप बनता है। गुण चार प्रकार के होते हैं - गर्म, ठंडा, रूख और नम। इनसे छह जोड़े बनाए जा सकते हैं। लेकिन, विपरीत गुणों यानि गर्म और ठंडा या नम और रूख का जोड़ा नहीं बनता। इससे चार तत्व बनते हैं, जो सभी सांसारिक चीजों को जन्म देते हैं।”

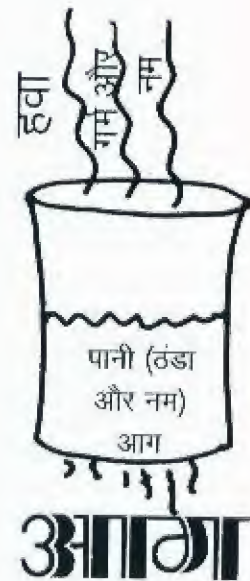


गर्म + खुशक = आग
 गर्म + नम = हवा
 ठंडा + नम = जल
 ठंडा + खुशक = मिट्टी

जिन चार तत्वों से
सभी सांसारिक चीजें
बनती हैं, उनके
अलावा एक पांचवां
तत्व "ईश्वर" भी है
जो एक आदर्श और
परिशुद्ध तत्व है।
इसी से ब्रह्मांड की
सभी चीजें बनी हैं।"



यह गुण किसी भी हद तक
अलग-अलग तरह के हो सकते
हैं, इसलिए किसी भी तत्व को
किसी दूसरे तत्व में बदला जा
सकता है। उदाहरण के लिए,
पानी को हवा में बदलने के लिए
केवल यह जरूरी है कि ठंडे पर
गर्म काबू करे, क्योंकि नमी इन
दोनों में ही मौजूद है





भारत और चीन में
भी लगभग पांचवीं
शताब्दी ईस्वी पूर्व से पदार्थ के
बारे में सिद्धांतों का विकास हुआ।
एक प्राचीन भारतीय दार्शनिक मुनि

कपिल ने कहा, “पंच भूत यानि
पदार्थ के वर्ग हैं — **अक्ष** (अंतरिक्ष या
ईथर), **वायु** (हवा), **तेजस** (अग्नि),
आप (जल) और **क्षिति** (पृथ्वी)। ये
सभी पदार्थ अणु या परमाणु से बने
हैं। और वे भी परमाणु के भीतरी
कणों से बने हैं। परमाणु के उन
भीतरी कणों के समूहों में अंतर
से ही विभिन्न गुणों वाले
पदार्थ बनते हैं।”

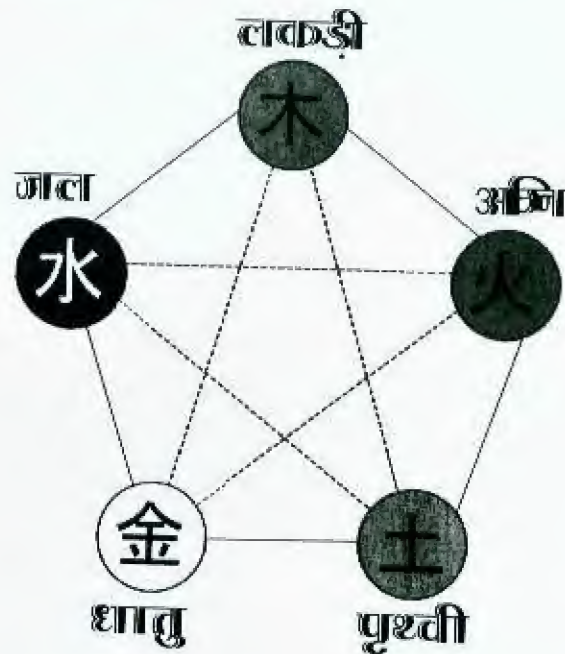


“पदार्थों के
भी कई वर्ग
हैं ??! यह तो मुझे पता
ही नहीं था! मैं तो सोचता
था, हम सभी भूत केवल
आत्माएं हैं जिन्हें तुम्हें
डराने में मजा
आता है!”



एक दूसरे भारतीय दार्शनिक **कणाद** ने सुझाव दिया :
 “आकाश अथवा ईथर की कोई परमाणु रचना नहीं है; वह
 अक्रिय और सर्वव्यापी है। परमाणु चार प्रकार के होते हैं —
 वायु, अग्नि, जल, पृथ्वी और यही आपस में मिलकर अणुओं
 की रचना करते हैं। अणुओं की रचना में अंतर के कारण ही
 पदार्थ कई प्रकार के होते हैं। गर्मी की कणिकाओं से पदार्थ
 रूप बदलते हैं।”

**चीन के लोग इस सिद्धांत को मानते थे कि पदार्थ 5
 तत्वों से बनता है :**



इन्हीं से मिलकर सभी पदार्थ बनते हैं। इन पदार्थों के गुणों को
 दो विपरीत नियमों के अंतर्गत रखा गया : **यिन**—मादा
 नियम—जिसका संबंध चंद्रमा, रात्रि तथा भारी से है और
यांग—नर नियम—जिसका संबंध सूर्य, दिन तथा प्रकाश से है।

अरस्तू के जीवन के उत्तरार्द्ध में उसका प्रसिद्ध शिष्य

सिकंदर (356–323 ई.पू.) विश्व विजय के लिए निकला। उसकी विजय पताका ने दुनिया को जोड़ दिया। विभिन्न दर्शनों, धर्मों और विचारों का संगम हुआ। इससे एक नई संस्कृति यानि यूनानी संस्कृति पूरे पश्चिमी एशिया के आसपास फैल गई। विचारों की इसी खुदबुदाती हांडी में कीमियागरी जैसे नए विचार ने जन्म लिया।



सिकंदर का विजय अभियान

ईस्वी पहली सदी

नील नदी के मुहाने पर सिकंदर द्वारा स्थापित उपनिवेश सिकंदरिया (एलैक्जेंड्रिया) बौद्धिक गतिविधियों का केंद्र बन गया।

हेरो (लगभग 52–150 ईस्वी सन)

ने कुछ यांत्रिक युक्तियों का विकास किया, जैसे माप का इंजन और एक ऐसी युक्ति यानि ब्रेडिंग मशीन जिसमें सिक्का डालने पर पवित्र पानी निकल आता था। उसने गैसों के गुण-धर्म का अध्ययन किया और बहुत हद तक गैसों के अणुगति सिद्धांत यानि काइनेटिक थ्योरी का पूर्वानुमान लगा लिया था।



हेरो का माप का इंजन कुछ ऐसा ही रहा होगा....

सिकंदरिया में पूर्वी देशों के रहस्यवादी धर्मों ने अपनी जड़ें जमा लीं। प्रकृतिवादी दार्शनिकों पर इनका गहरा प्रभाव पड़ा। वहां के कारीगर धनी लोगों और मंदिरों के लिए ऐशो-आराम की चीजें बनाते थे। उन्हें जब दार्शनिकों के सिद्धांतों का ज्ञान हुआ तो सिद्धांतों और हुनर के प्रयोग से एक नई शाखा का जन्म हुआ... एल्केमी यानि...



मतलब यह कि कीमियागरी के जन्म में कई चीजों का हाथ रहा था - यूनानी और पूर्वी देशों का दर्शन, रहस्यवादी तत्व तथा मिस्र की प्रयोगशाला

लेकिन, अरस्तू के विचारों ने कीमियागरी को घराशायी कर दिया। इनमें से एक विचार यह था कि सभी चीजें शुद्धता प्राप्त करना चाहती हैं। यानि, धातुओं की बात की जाए तो मामूली धातु भी सदा सोने के समान शुद्ध बनने की कोशिश करती रहती है।



प्रकृति ने सोने को शुद्ध बनाने का काम धरती के भीतर बहुत गहराई में और बहुत समय तक किया। कारीगर अपनी वर्कशॉप में यही काम बेहतर तरीकों से बहुत कम समय में पूरा करके शुद्ध सोना बना सकते हैं। कीमियागरी का यही मूल विचार था।



“हमें पता है, पत्थर से धातु कैसे बनाई जा सकती है, इसीलिए मुझे विश्वास है कि हम मामूली धातु से भी सोना बना सकते हैं। जो धातु सोने के समान दिखाई देती है वह शर्तिया सोने का ही एक रूप है। वह कुछ कम शुद्ध तो हो सकती हैं लेकिन थोड़ी-सी कोशिश करके उसे पूरी तरह शुद्ध बनाया जा सकता है।”



मतलब यह कि कीमियागरी उस समय प्रचलित धातु कर्म का ही अगला रूप था।

धातु के रंग को मूल गुण माना जाता था।

“लेकिन, हमें तो पीली धातु चाहिए। हम अंडों की ‘आत्माओं’ को निचोड़ लेंगे जिसका आसवन करके हमें वह पदार्थ (जिसे बाद में लोग गंधक कहेंगे) मिल जाएगा जिससे धातु पीली हो जाएगी।”



बाद में...



चलो, वह तो नहीं बना, लेकिन लगता है मैंने अभी-अभी आमलेट का आविष्कार कर दिया है!



दूसरी ओर, चीन में भी तभी
कीमियागरी का विकास हुआ। वहां
इसका आधार था ताओ धर्म।

6ठी शताब्दी ई.पू. में ताओ
धर्म की नींव लाओत्से ने डाली
थी। चीनी कीमियागर केवल सोना
पाने के लिए सोना नहीं बनाना
चाहता था। उसे विश्वास था कि
सोना या ऐसी ही कोई खुराक
खाकर वह अमर हो सकता है और
उसमें अकूत ताकत पैदा हो सकती
है। इसी कारण अमर बनने के लिए
सोना खाने की विधियों पर वहां
कीमियागरी पर अनेक पुस्तकें
लिखी गईं।

बहुत सुंदर
पेंडेंट है!

हां, मगर यह
मेरा लंच है



कैमिस्ट्री यानि **रसायन विज्ञान** का उल्लेख सबसे पहले प्रथम शताब्दी के आसपास की कीमियागरी के नुस्खों में मिलता है। हो सकता है इसका जन्म मिस्री "खेम" शब्द से हुआ हो जो मिस्र देश का प्राचीन नाम है। उन दिनों मिस्र रसायन विज्ञान का प्रमुख केंद्र था।



दूसरी धारणा यह है कि कैमिस्ट्री यानि रसायन विज्ञान शब्द शायद यूनानी "कैओ" शब्द से बना जिसका अर्थ है "मैं ढालता हूँ" या "ढालता हूँ"। इससे रसायनज्ञों द्वारा उन दिनों किए जा रहे धातुकर्म का पता चलता है। एक और सुझाव यह है कि कैमिस्ट्री की उत्पत्ति चीनी शब्द "किम या" से हुई है जिसका अर्थ है "सोना बनाने का रस"।



ईस्वी सन्

300 के आसपास
कीमियागरी सिकंदरिया से
सीरिया, मैसेपोटामिया
(इराक) और फारस (ईरान)
तक फैल गई।



ईस्वी सन् 622। अरब क्षेत्र में तेजी से इस्लाम फैला।
लगभग उसी समय बौद्धिक ज्ञान भी फूला-फला। अरब विद्वानों ने यूनान
और चीन की समृद्ध बौद्धिक परंपरा को अपनाया। अरबी उप पद "अल"
के जुड़ने से एल्केमी शब्द बना जिसका शाब्दिक अर्थ है "मिस्री विज्ञान"।

जाबिर इब्न हयान (जेबेर) (लगभग 721-815) का अरब
कीमियागरों में बड़ा नाम था। जाबिर पद्धति के अनुसार गर्मी, सर्दी, खुश्की
और नमी असली गुणधर्म माने गए जिनका अपना अलग और ठोस अस्तित्व
था। इसलिए, जैसे शुद्ध सर्दी को अलग प्राप्त किया जा सकता है। शुद्ध
गुणधर्म को बनाने के लिए कीमियागर को पदार्थ में गुणधर्म की मात्रा का
पता लगाना पड़ता था और उन्हीं को आपस में सही मात्रा में मिला कर
मनचाहा पदार्थ बनाना पड़ता था।

शुद्ध गुणधर्म तैयार करने के लिए अनेक प्रकार के
रासायनिक प्रयोग करने पड़े और इस काम को
व्यावसायिक रूप से करने के लिए प्रयोगशाला
उपकरण बनाए गए। जाबिर ने
प्राणियों से प्राप्त पदार्थों के
साथ-साथ कई प्रकार के पदार्थों
के भंजक आसवन यानि डिस्टिलेटव
डिस्टिलेशन का वर्णन किया
है। यह भी विश्वास किया
जाता था कि 'अल अक्सीर'
से चांदी को सोने में बदला
जा सकता है।



लेकिन, बड़ा
सवाल खड़ा
ही रहा....



सबसे बड़ा सवाल तो यह है कि,
“आल आकसीर
कैसे बनाएं?”



अल-राज़ी (राज़ोज़ा) (लगभग 860-925) का

भी अरबी कीमियागरी में बड़ा नाम था। वे हकीम थे और उन्होंने हकीमी में रसायन विज्ञान पर वैज्ञानिक तरीके से व्यावहारिक काम किया। उन्होंने जो कुछ लिखा उसमें किसी प्रकार का रहस्यवाद और रूपक नहीं थे। उन्होंने उपकरणों, पदार्थों के वर्गीकरण और तकनीकी नुस्खों का सीधा-सादा वर्णन किया। 'तेज पानी' यानि क्षारों तथा अम्लों का वर्णन उसका प्रमुख योगदान है, जिनका उपयोग धातुओं और अन्य पदार्थों को घोलने के लिए 'विलायक' के रूप में किया जा सकता है।

हेलो, मैं हूँ अबू बक़ मुहम्मद इब्न
जफ़ारिया अल-राज़ी। मगर, आप मुझे अल
राज़ी कह सकते हैं। लीजिए, तेज पानी बनाने
के कुछ नुस्खे आपको बताता हूँ :



अल-किली (सोडियम कार्बोनेट) और
बिना बुझे चूने को बराबर मात्रा
में लीजिए और उससे चार गुना
ज्यादा पानी में मिला कर 3 दिन
तक यों ही छोड़ दीजिए। फिर
इस मिश्रण को छान कर, छने हुए
घोल की एक चौथाई मात्रा के
बराबर अल-किली
तथा चूना मिलाइए।
इसे 7 बार दुहराइए।
अब इसे इसकी आधी
मात्रा के बराबर साल
अमोनियक के घोल में
मिला दीजिए। अब,
यों ही रहने दीजिए।
असलियत में यही
सबसे तेज पानी है।
इसमें **तत्क** यानि अम्लक
फौरन घुल जाता है।

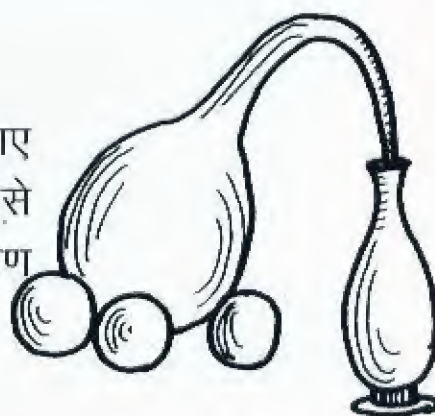
11वीं, 12वीं, और 13वीं सदी

में कीमियागरी पर अनेक ग्रंथ और पुराने ग्रंथों की टीकाएं लिखीं गईं, लेकिन उनमें नया कुछ भी नहीं था। रहस्यवादी विचार अपनी जड़ें जमा चुके थे और इस भूभाग में विज्ञान की प्रगति रुक गई। पश्चिमी यूरोप यूनानी वैज्ञानिक विचारों को इससे पहले शायद आसानी से कभी स्वीकार नहीं करता, लेकिन सौभाग्य से इस दौरान वहां अरब सिद्धांतों को स्वीकार कर लिया गया। और, इस तरह विज्ञान की परंपरा चलती रही।

अरबों के सिद्धांत पश्चिमी दुनिया में पहुंचे। बड़ी तादाद में कीमियागरी की अरबी पांडुलिपियों का लैटिन भाषा में अनुवाद किया गया। और, पश्चिमी यूरोप कीमियागरी का मुख्य केंद्र बन गया।



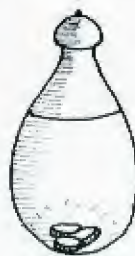
इटली में कारीगरों के बनाए हुए अच्छे कांच के उपयोग से आसवन के बेहतर उपकरण बनाना संभव हुआ



एल्कोहल का तेज घोल बनाने में सफलता मिल गई। उसे *एक्वा वाइटी* यानि जीवन जल कहा जाता था। नाइट्रिक अम्ल और एक्वा रेजिया अम्ल (नाइट्रिक तथा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का मिश्रण) में सोना घुल जाता है। इसलिए यही दो अम्ल आम अभिकर्मक यानि रीएजेंट बन गए। इन्हें बड़े पैमाने पर तैयार किया जाता था। इस कारण रसायनज्ञों (कैमिस्ट) के लिए तमाम पदार्थों को घोलना और घोल में अभिक्रिया यानि रिएक्शन कराना बहुत आसान हो गया।



हाइड्रोक्लोरिक
अम्ल



नाइट्रिक अम्ल



एक्वा रेजिया



कीमियागर की प्रयोगशाला



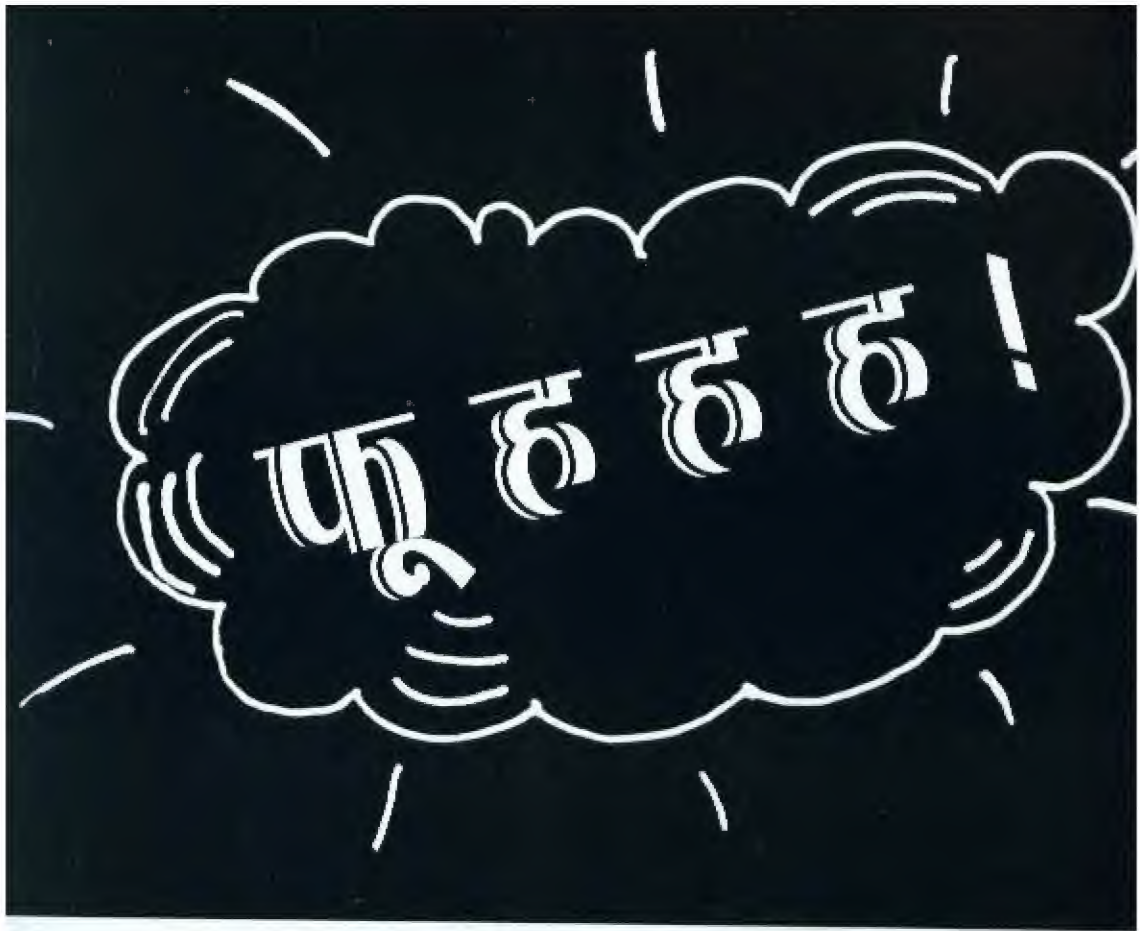
14वीं और 15वीं शताब्दी

इस दौरान काफी गतिविधियां हुईं लेकिन उनमें पुरानी कीमियागरी के प्रयोगों पर जोर दिया गया। कीमियागरों ने अनेक पांडुलिपियां तैयार कीं लेकिन उनमें घुमा-फिरा कर पुराने विचारों को ही दुहराया गया।

वे सनकी थे और अक्सर गोपनीय तरीके से काम करते थे। वे सोचते थे कि वे “पारस पत्थर” बना लेंगे। यानि, पौराणिक कहानियों का वह काल्पनिक पारस पत्थर जिससे मामूली धातुएं भी सोने में बदल सकती हैं।

लेकिन हर घड़ी परीक्षा की घड़ी होती थी...

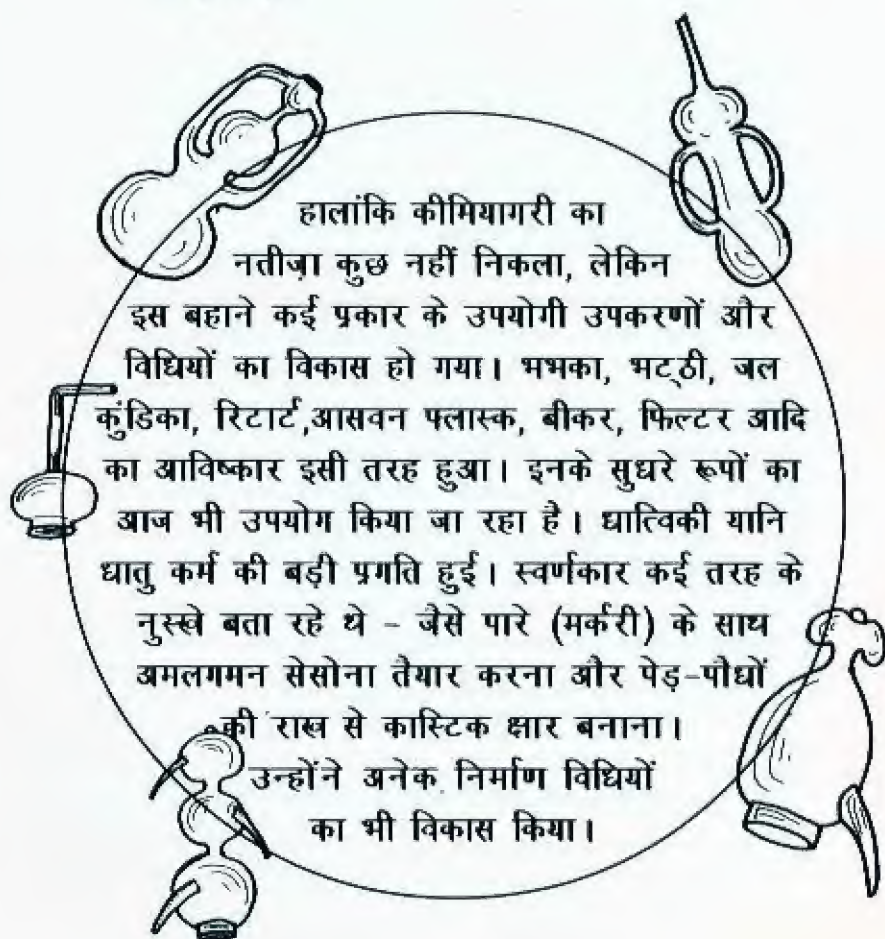




मगर, हर बार हाथ लगती, केवल...
असफलता!

रूपक कथाओं और रहस्यवाद की प्रवृत्ति बढ़ती जा रही थी और नीम-हकीम बहुत हो गए थे। कीमियागरी का अंतिम समय आ गया था।

“अब हमें मान लेना चाहिए – सोना केवल सोने से ही बनता है!”



16वीं सदी व्यावहारिक रसायनशास्त्रियों के काम से रसायन विज्ञान की प्रगति हुई। धात्विकी (मैटलर्जी) में आमामन जैसी मात्रात्मक विधियों (मिश्रधातु अथवा अयस्क में किसी तत्व की मात्रा का पता लगाने के लिए किया जाने वाला विश्लेषण) और मिश्र धातुओं की गुणवत्ता की परीक्षण विधियों का विकास हुआ। ऐसे ग्रंथ प्रकाशित हुए जिनमें खनन, मिश्र धातुओं से धातु अलग करने और अभिकर्मक (रीएजेंट) बनाने का विस्तार से वर्णन किया गया। इस काल में रसायन प्रौद्योगिकी की प्रगति हुई जबकि सैद्धांतिक दिशा में बहुत कम काम हुआ।

सन् 1500 में **हीरोनाइमस ब्रांसवाइग** (लगभग 1450—1513) ने **लाइबेर दे आर्टे डिस्टिलैंदी** नामक महत्वपूर्ण पुस्तक प्रकाशित की। उस पुस्तक में मुख्य रूप से भाप से पेड़-पौधों या प्राणियों से प्राप्त उत्पादों के आसवन यानि डिस्टिलेशन की विधियों तथा उपकरणों का वर्णन किया गया। विषय के विवरण और रासायनिक तथा आसवन उपकरणों के भरपूर चित्रों के कारण इस पुस्तक में मौलिकता है। ब्रांसवाइग आसवन के लिए प्रायः जल कुंडिका (वाटर बाथ) का उपयोग करते थे और हवा से ठंडा होने वाले एक शंकु के आकार के भभके में पौधों का सत निकालते थे। यह उपकरण **रोजनहट** कहलाता था।



सोलहवीं सदी का सबसे विवादास्पद व्यक्ति था **फिलिप्स थियोफ्रेस्टस बॉबस्टस वॉन होएनहीम** (1493–1541)।

वह अपने-आप को **पारसेल्सस** कहता था। उसने औषध रसायन यानि मानव रोगों के उपचार के रसायन विज्ञान को बहुत महत्व दिया।

वह अपने चंचल स्वभाव और पूर्ववर्ती कीमियागरों, तत्कालीन चिकित्सकों तथा औषधि विक्रेताओं की कड़ी आलोचना करने के कारण विवादास्पद व्यक्ति था।

पारसेल्सस ने औषधियां बनाने के लिए बड़ी संख्या में धातुओं की मानक अभिक्रियाएं कराईं। इस तरह उसे घोल में विभिन्न धातुओं के अनेक प्रकार के लवण मिले। उसने पहली बार हर क्रिया को रूपांतरण का कारण मानने के बजाय रासायनिक अभिक्रियाओं के सामान्य नियम बनाए।



17वीं सदी



रसायन विज्ञान, विज्ञान की एक स्वतंत्र शाखा का रूप लेने लगा और रसायन संबंधी विचार व दर्शन सामने आए। साथ ही, कई विचार ध्वस्त होने लगे, विशेष रूप से अरस्तू के विचार जो दो दशकों से भी अधिक समय से प्रचलित थे।

ब्रुसेल्स के निकट रहने वाले धनी चिकित्सक **वान हेल्मोंट**

(1577–1644) ने सेवा निवृत्ति के बाद अपना अधिकांश समय रासायनिक प्रयोग करने में बिताया। उसे लगता था कि पानी को अन्य पदार्थों में बदला जा सकता है। इस बात को प्रमाणित करने के लिए उसने निम्न प्रयोग किया।

उसने मिट्टी तौल कर उसमें एक पौधा लगाया। पांच साल तक उसे सींचा। उसके बाद यह साबित किया कि पौधे का भार 164 पौंड बढ़ गया जबकि मिट्टी का वजन उतना ही रहा।

उसे लगा, यह प्रमाणित हो गया है कि पौधे के सभी भाग पानी से बने इसलिए सभी रासायनिक पदार्थों का आधार पानी है। यह सच नहीं है — इस बारे में आगे बताया जाएगा। लेकिन, इससे मात्रात्मक प्रयोगों का विचार सामने आया और इस अनुमान को भी बल मिला कि किसी प्रकार के परिवर्तन से न तो कोई नया पदार्थ बनता है और न वह नष्ट होता है।



जोहान रुडोल्फ ग्लाबेर (1607-1670) ने रसायन विज्ञान का ज्ञान स्वाध्याय से प्राप्त किया। यूरोप के अधिकांश भागों का भ्रमण करके उसने विभिन्न देशों में रासायनिक प्रयोगों की विधियां सीखीं। अंत में वह एम्सटर्डम में बस गया और वहां एक उत्कृष्ट प्रयोगशाला का निर्माण किया।

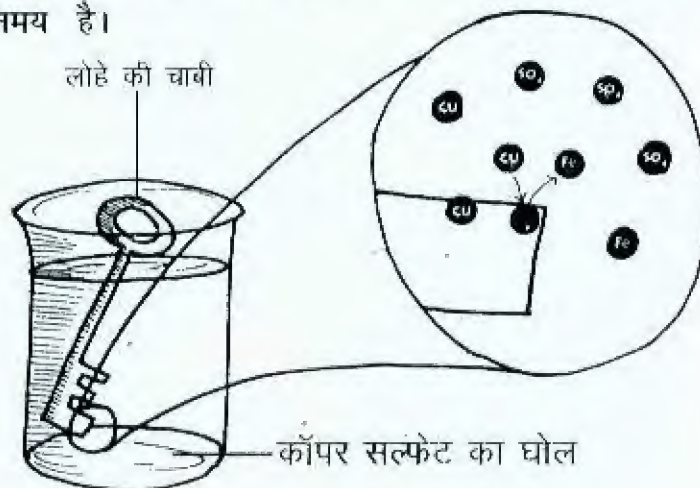


“लवण दो भागों से बने होते हैं, एक भाग अम्ल और दूसरा किसी धातु या उसकी भस्म (ऑक्साइड) का होता है। लवणों की आपस में या अम्लों के साथ अभिक्रिया (रिएक्शन) होती है जिससे नए लवण बनते हैं। अम्लों की अलग-अलग प्रबलता (स्ट्रेंथ) होती है – अधिक प्रबल अम्ल की कम प्रबल अम्ल के लवण के साथ अभिक्रिया होती है। जैसे, नाइट्रिक अम्ल की सैल टार्टरी (पोटेशियम कार्बोनेट) के साथ अभिक्रिया होने पर साल्ट पेट्रे (पोटेशियम नाइट्रेट) बनता है और एक गैस (कार्बन डाइऑक्साइड) निकलती है।”

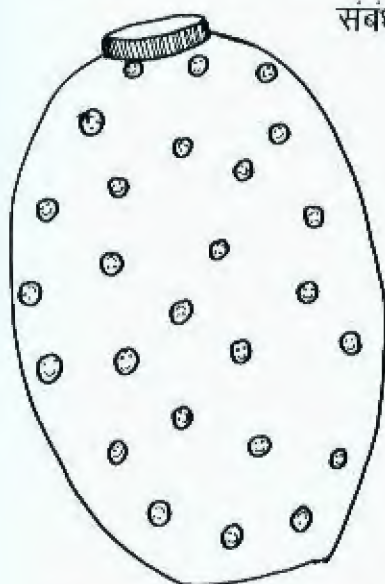
ग्लाबेर का नाम सोडियम सल्फेट लवण के साथ अक्सर लिया जाता है। उसने यह लवण बनाया और इसके चमत्कारी गुणों का वर्णन किया। इसलिए इसे ग्लाबेर का लवण कहते हैं।

17वीं सदी में रसायन विज्ञान में एक बड़ा सैद्धांतिक परिवर्तन हुआ। अरस्तू के सिद्धांत के विपरीत इस बात पर विश्वास किया गया कि रासायनिक परिवर्तन असल में तत्वांतरण है, यानि अभिक्रिया (रिएक्शन) से बिल्कुल नए पदार्थ बन जाते हैं और उनमें पुराने पदार्थ का कोई अंश नहीं बचता है। प्रयोगों से प्रमाणित हुआ कि एक ही पदार्थ कई बार रासायनिक परिवर्तन होने के बाद भी बना रह सकता है। तब यह सोचना स्वाभाविक ही था कि तत्व का कोई ऐसा गुण जरूर है जो परिवर्तित नहीं होता और परिवर्तन के हर चरण में मौजूद रहता है। डेमोक्रिटस के परमाणु सिद्धांत पर पुनर्विचार का समय आ गया था।

जोआचिम जूंगे (1587-1637) ने परमाणु स्तर पर कई अभिक्रियाओं की व्याख्या की : कॉपर सल्फेट के घोल में रखे हुए लोहे के टुकड़े की सतह पर जब लोहे के स्थान पर कॉपर (तांबा) जमा होता है तो यह रूपांतरण नहीं बल्कि परमाणुओं का विनिमय है।



आयरलैंड में जन्मा **रॉबर्ट बॉयल** (1627–1691) इंग्लैंड में शौकिया अन्वेषक के रूप में काम कर रहा था। अपने प्रयोगों के आधार पर उसने गैसों के दाब तथा आयतन (वॉल्यूम) के प्रतिलोम संबंध को स्थापित किया।



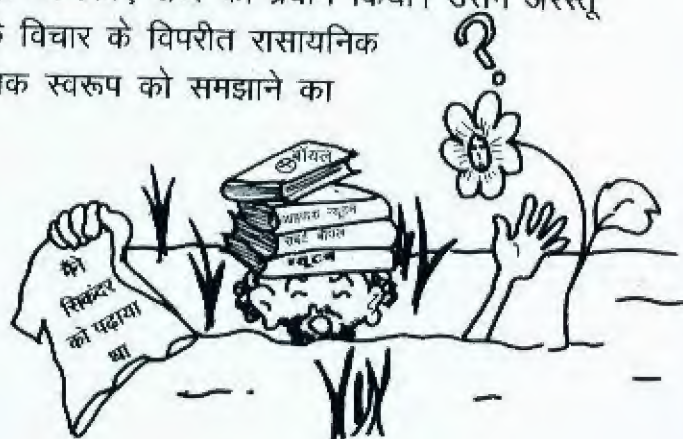
"आह! मुझे बाहर आने दो!
मैं भीतर का यह दाब
नहीं सह सकता!"



बॉयल ने कहा, "प्रकृति का निर्माण कणिकाओं यानि सूक्ष्म, ठोस, विभाजित न होने वाले कणों से हुआ है। कणिकाएं अनेक

रासायनिक अभिक्रियाओं के कारण बड़े समूहों से जुड़ी रहती हैं। ये समूह इकाई के रूप में काम करते हैं और इनके आकार, रूप तथा गति से पदार्थों के गुण बनते हैं।"

इस तरह, डेमोक्रीटस का परमाणु संबंधी विचार फिर सामने आ गया। बॉयल ने परमाणु नहीं कणिकाएं शब्द का प्रयोग किया। उसने अरस्तू के रूप तथा गुणों के विचार के विपरीत रासायनिक अभिक्रियाओं के भौतिक स्वरूप को समझाने का प्रयास किया।



बॉयल की प्रसिद्ध पुस्तक **द सैप्टिकल काइमिस्ट** 1661 में प्रकाशित हुई जिसने तर्कसंगत तरीके से अधिकांश पुराने विचारों को ध्वस्त कर दिया। पुस्तक को विस्तारपूर्वक लिखा गया और उसमें हास्य का पुट भी दिया गया; जैसे, कीमियागरों की तुलना

“सोलोमन के बंदरगाही बेड़े से की है जो ...

वापसी में न केवल सोना, चांदी और हाथी दांत

बल्कि कपि तथा मोर भी लाए” क्योंकि उनके

सिद्धांत भी मोरपंखों की तरह शानदार तो

थे, लेकिन न वे ठोस थे, न किसी काम

के थे; या वे कपियों के समान थे जो

बुद्धिमान जैसे तो दिखाई देते हैं

लेकिन किसी-न-किसी बेतुकेपन के

कारण हास्यास्पद लगते हैं।” इस

पुस्तक ने 17वीं सदी के रसायन

विज्ञानियों पर गहरा प्रभाव

डाला और नई दृष्टि दी।



द सैप्टिकल काइमिस्ट, द्वितीय संस्करण, 1680 का मुखपृष्ठ

1640 के दशक में प्रयोगशाला में अनुभव की गई कठिनाइयों पर विचार-विमर्श करने के लिए वैज्ञानिक गुप में मिलने लगे।

शुरुआत अनौपचारिक बैठकों से हुई जिनके

कारण धीरे-धीरे औपचारिक संस्थाएं बन

गईं। 'इन्विजिबल कालेज' एक ऐसा ही गुप

था। बॉयल उसके सदस्य थे। ऑक्सफोर्ड

तथा लंदन में इस गुप की बैठकें होती

थीं और 1662 में लंदन में इसने **रॉयल**

सोसाइटी (वैज्ञानिक अकादमी) का रूप

ले लिया।



17वीं शताब्दी का उत्तरार्ध

वैज्ञानिकों का ध्यान दहन द्रव्यव्यवस्था की प्रती और रासायनिक यौगिकों को आपस में जोड़ने वाले बलों पर केंद्रित हो गया।

किसी जलती हुई चीज को देखने पर ऐसा लगा जैसे लौ उस चीज से अलग हो रही हो यानि लगा जैसे इस क्रिया में कुछ-न-कुछ मुक्त हो रहा है। किसी कार्बनिक पदार्थ के जलने के बाद बची हलकी-फुलकी राख से इस बात की पुष्टि होती थी। अनुभवी धातुकर्मी इस बात को अच्छी तरह जानते थे कि धातुओं को तपाने पर उनका भारी चूर्ण बन जाता है, लेकिन उन्होंने कार्बनिक पदार्थों के जलने पर इस दृष्टि से नहीं सोचा।

प्रयोगों से सिद्ध हो गया कि दहन के लिए हवा की आवश्यकता होती है। वॉयल ने निर्वात द्रव्यव्यवस्था में गंधक (सल्फर) को जलाने की कोशिश की, लेकिन सफल नहीं हुआ। इससे प्रमाणित हो गया कि जलने के लिए हवा जरूरी है।





र्मनी में जोहान
जोआकिम बेखर
(1635–1682) ने

सोचा कि जो पदार्थ जल
सकते हैं उनमें वसायुक्त अंश
“टेरा पिंगस” होता है जो
पदार्थ के जलने पर उड़
जाता है।



उसके शिष्य **जॉर्ज अर्नस्ट स्टाल** (1660–1734) ने
इस विचार को आगे बढ़ाया और दहन की प्रक्रिया
को समझाने के लिए नया सिद्धांत सामने रखा।
यूनानी भाषा के “जला हुआ” या “ज्वलनशील” शब्द
के आधार पर उसने वसा अंश का नाम
फ्लॉजिस्टॉन रखा।



“जल पदार्थ का
दहन होता है तो
फ्लॉजिस्टॉन मुक्त हो जाता है और
फ्लॉजिस्टॉन के उड़ने के लिए हवा
जरूरी है। जब किसी धातु को गर्म
करते हैं तो वह कैल्क्स (ऑक्साइड)
में बदल जाता है। इसलिए
कैल्क्स की तुलना में
धातु अधिक जटिल
पदार्थ है।”



"पौधे हवा से फ्लोजिस्टॉन का अवशोषण करते हैं और उनमें काफी फ्लोजिस्टॉन होता है। पौधों में पाए जाने वाले पदार्थ धातु के अंशों के साथ अभिक्रिया करके फ्लोजिस्टॉन को पुनः प्राप्त कर सकते हैं और उसे फिर से धातुओं में बदल सकते हैं। चारकोल में फ्लोजिस्टॉन की बहुत मात्रा होती है और इस कारण यह बहुत उपयोगी पदार्थ है।"

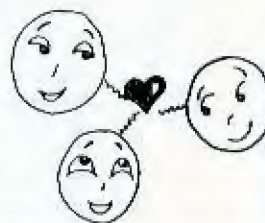
फ्लोजिस्टॉन सिद्धांत से दहन के बारे में तब तक ज्ञात तथ्यों की व्याख्या करने में मदद मिली। ऑक्सीकरण (ऑक्सीडेशन) और अपचयन (रिडक्शन) की भी व्याख्या की गई, लेकिन आज हम इस बारे में जो कुछ जानते हैं – वह इसके बिल्कुल विपरीत था। जैसे, ऑक्सीकरण के लिए हम ऑक्सीजन को जरूरी मानते हैं। स्टॉल का मानना था कि इस क्रिया में फ्लोजिस्टॉन मुक्त होता है।

लेकिन, इसमें असंगति थी। कार्बनिक पदार्थों के जलने पर शेष रहे पदार्थ का भार मूल पदार्थ की तुलना में कम होता है। धातुओं के निस्तापन (कैल्सिनेशन) में एक समस्या सामने आ खड़ी हुई। विधि तो वही थी लेकिन तपाने के बाद उत्पादों का भार मूल पदार्थ से अधिक हो जाता था। स्टॉल के लिए यह महत्वपूर्ण नहीं था। वह 'फ्लोजिस्टॉन' को भौतिक पदार्थ नहीं बल्कि 'सिद्धांत' मानता था जिसका स्पष्ट रूप में पता लगाना संभव नहीं था। अमूर्त सोच और बेतुके तथ्यों के कारण फ्लोजिस्टॉन सिद्धांत धराशायी हो गया।



फिर भी, 18वीं सदी के मध्य तक फ्लोजिस्टॉन सिद्धांत को पूरी तरह स्वीकार किया गया।

इसके साथ ही रासायनिक **बंधुता** यानि वह **बल** जिसके कारण अभिक्रिया होती है, के सिद्धांतों का भी विकास हुआ। बंधुता को न्यूटन के इन विचारों के आधार पर समझने की कोशिश की गई कि पदार्थ के प्रत्येक कण में एक विशेष आकर्षण बल होता है। उसी के कारण पदार्थ की सभी रासायनिक और भौतिक अभिक्रियाएं होती हैं। पदार्थ की भौतिक प्रकृति की व्याख्या करने के लिए न्यूटन के विचारों को तब काफी मान्यता मिल रही थी। इस नई संकल्पना को सिद्ध करने के लिए रसायन विज्ञानियों को लगा कि रासायनिक संबंधों की सारणियां बनाना आवश्यक है ताकि उनसे प्रत्येक यौगिक की एक-दूसरे के साथ अभिक्रियाशीलता का पता लग सके। उन्हें यह भी लगा कि इन सारणियों से अन्य यौगिकों की ऐसी ही अभिक्रियाशीलता का पूर्वानुमान भी लगाया जा सकेगा।



इतिहने-फ्रॉइडस जिओफ्रे (1672-1731)

की सारणी में पदार्थों को कॉलमों में दिखाया गया और उनके कीमियागरी से संबंधित संकेत प्रत्येक कॉलम के शीर्ष पर दिए गए। कॉलम में उन पदार्थों की सूची दी गई, जिनके बारे में **प्रयोग से पता चला** कि शीर्ष पर दिए गए पदार्थ से उनकी अभिक्रिया होती है। सूची इस तरह बनाई गई कि प्रत्येक कॉलम में जितने ही नीचे का पदार्थ होगा – शीर्ष के पदार्थ से उसका संबंध उतना ही कम होगा।

विमान की सारणी बनने के कारण इन सारणीयों को बनाना जरूरी है।

विमान की सारणी बनने के कारण इन सारणीयों को बनाना जरूरी है।

मलतब यह कि प्रत्येक कॉलम में शीर्ष के पदार्थ के साथ संबंध घटता चला जाता था।

अब तक यही समझा जाता था कि गैसों
रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग नहीं लेती।
गैसों को पृथक् करके उनकी अलग-अलग पहचान के
कारण 18वीं सदी में प्रयोगशालाओं में तेजी से
रासायनिक खोजें हुई।

अंग्रेज पादरी **स्टेफेन हेलीस** (1677–1761) ने
विभिन्न पदार्थों को गर्म करने पर मुक्त हुई "हवा" की
मात्रा की जांच की। इस काम को करते-करते उसने
गैस द्रोणिका (न्यूमेटिक ट्रफ) में पानी के ऊपर गैसों को
एकत्र करने की विधि
का परिष्कार कर
लिया। यह उपकरण
आगे चलकर गैस
रासायन विज्ञान के
क्षेत्र में शोधकर्ताओं के
लिए बहुत महत्वपूर्ण
सिद्ध हुआ।



हेलीस

स्कॉटलैंड में जॉसेफ ब्लैक (1718–1799) ने यूनिवर्सिटी ऑफ एडिनबर्ग की डॉक्टर ऑफ मेडिसिन उपाधि के अपने शोध प्रबंध के तहत गैसों का अध्ययन किया।

“चूना पत्थर (CaCO_3) को गर्म करने पर गैस निकलती है और वह बिना बुझे चूने (CaO) में बदल जाता है। बिना बुझे चूने को ‘क्षार’ (सोडियम कार्बोनेट) के साथ मिलाने पर मूल चूना पत्थर प्राप्त होता है।”

“हमने देखा है, गैस भी रासायनिक अभिक्रिया करती है। गैस (CO_2)

को ठोस में भी बदला जा सकता है, इसलिए हम इसे ‘ठोस हवा’ कह सकते हैं।



इस कार्य ने रसायन विज्ञानियों के विचारों को पूरी तरह बदल दिया। पहली बार यह प्रदर्शित किया गया कि ‘ठोस’ के साथ गैस की रासायनिक अभिक्रिया होती है और किसी अनिश्चित भौतिक बल से अपने ही रूप में बने रहने के बजाय एक नया यौगिक बन जाता है जिसके गुण भिन्न होते हैं।

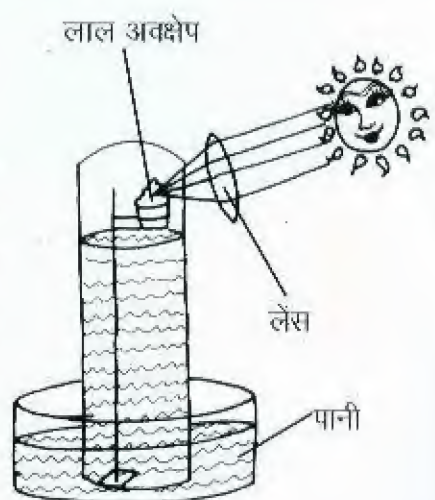
विरोधी विचारधारा वाले अंग्रेज पादरी **जोसेफ प्रीस्टले** (1733–1804) शौकिया रसायन विज्ञानी थे। रसायन विज्ञान में उन्हें कोई भी प्रशिक्षण नहीं मिला था। उन्होंने अठतीस वर्ष का हो जाने पर ही रसायनों पर अन्वेषण कार्य शुरू किया। संयोगवश वे एक शराब के कारखाने के पास ही रहते थे जहां से उन्हें बड़ी मात्रा में कार्बन डाइऑक्साइड मिल सकती थी। इसलिए उन्होंने इस गैस का अध्ययन किया और पता लगाया कि इसके कारण जलती हुई लकड़ियों की आग बुझ जाती है।

प्रीस्टले ने गैस-द्रोणिका में पानी के बजाय पारे का उपयोग किया। इसलिए उसने ऐसी गैसों का पता लगा लिया जिनके बारे में पहले तक मालूम नहीं था (क्योंकि वे पानी में घुल जाती थीं)। प्रीस्टले ने ही सबसे पहले नाइट्रिक ऑक्साइड, कार्बन मोनोक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड, हाइड्रोजन क्लोराइड और अमोनिया गैस के गुणों का पता लगाया।

1774. "लाल अवक्षेप"

(मरक्यूरिक ऑक्साइड, हालांकि तब तक इसका पता नहीं लगा था) को एक लेंस से गर्म करने पर उसे एक रंगहीन तथा स्वादहीन गैस मिली। इस गैस की उपस्थिति में मोमबत्ती अधिक चमक के साथ जलती थी। बंद जार में हवा के बजाय यह गैस होने पर जीव-जंतु अधिक समय तक जीवित रहते थे।

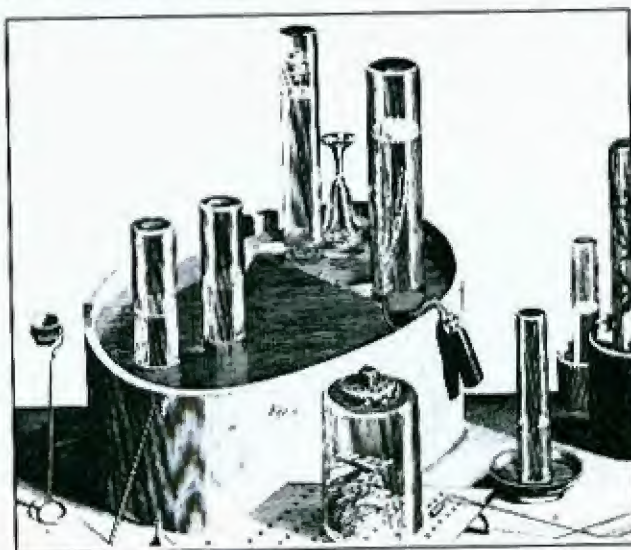
कार्बन डाइऑक्साइड का अध्ययन करने के कारण 1772 में प्रीस्टले के लिए सोडा वाटर का आविष्कार करना संभव हो गया।



इस तरह प्रीस्टले ने
ऑक्सीजन का
आविष्कार कर
लिया।

"यह गैस 'फ्लोजिस्टॉन रहित हवा' है क्योंकि इसमें दहन के दौरान निकले फ्लोजिस्टॉन को अवशोषित करने की अत्यधिक क्षमता है।"

एक और वैज्ञानिक **कार्ल विलहेल्म शीले** (1742–1786) ने भी अपने-आप इस गैस की खोज की थी।



यह चित्र प्रीस्टले की पुस्तक 'एक्सपेरिमेंट्स एंड आब्जर्वेशन ऑन डिफ्रेंट काइंड्स ऑफ़ एयर' से उद्धृत किया गया है। इसमें प्रीस्टले का गैसों पर प्रयोग करने का उपकरण दिखाया गया है। बड़ा पात्र गैस-द्रोणिका है और उलटे जारों में दूहे और पौधे हैं।

प्रीस्टले ने यह खोज भी की कि प्रकाश की उपस्थिति में हरे पौधों से फ्लोजिस्टॉन रहित हवा निकलती है। आगे चल कर प्रकाश संश्लेषण यानि फोटोसिंथेसिस से संबंधित सभी अध्ययन इसी आधार पर किए गए।

अब, प्रयोगों से काफी आंकड़े प्राप्त हो चुके थे, फ्लोजिस्टॉन के सिद्धांत से जिनकी व्याख्या करना संभव नहीं था।

एंतोइन लारेंट लेवाइजे (1743–1794) फ्रांस का एक धनी व्यक्ति था। उसने दहन तथा अन्य रासायनिक अभिक्रियाओं को समझने के लिए एक सैद्धांतिक रूपरेखा बनाई जिससे रसायन विज्ञान को आधुनिक दिशा मिली।

इसे प्रायः

रासायनिक क्रांति कहा जाता है।

“धातुओं का निस्तापन
फॉस्फोरस तथा सल्फर
(गंधक) के दहन के समान है
और इसमें हवा के साथ
संयोजन होता है।”



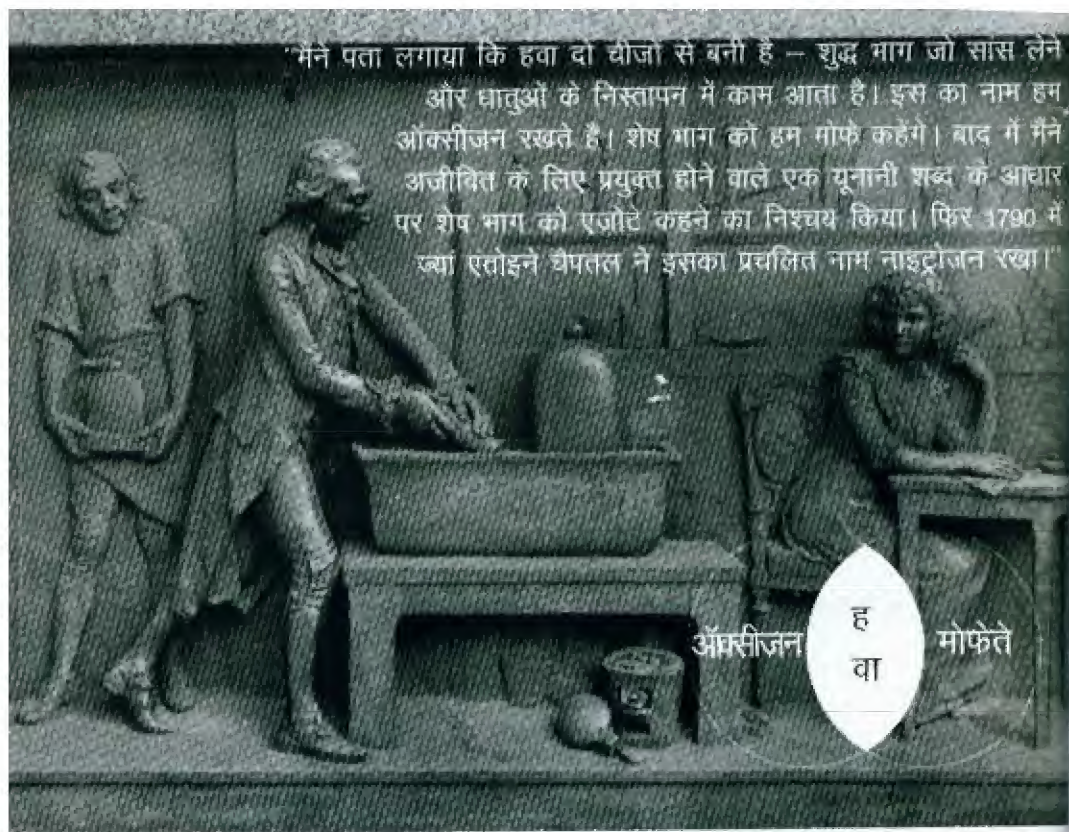
एंतोइन लारेंट लेवाइजे

1770 का

दशक।



उसने एक प्रयोग किया जिसमें एक हवाबंद पात्र में टिन का निस्तापन (कैलिस्नेशन) किया। टिन आंशिक रूप से चूने (कैल्क्स) में बदल गया। जब तक पात्र को खोला नहीं गया तब तक उसके भार में कोई वृद्धि नहीं हुई। जब पात्र खोला गया तो हवा तेजी से भीतर घुसी। इस बात में अब कोई संदेह नहीं रहा कि चूने का भार तब बढ़ा जब धातु का हवा के साथ संयोजन हुआ। इससे यह सिद्ध हो गया कि फ्लोजिस्टॉन सिद्धांत के विपरीत चूने (कैल्क्स) की तुलना में धातु एक सरल पदार्थ है।



“मैंने पता लगाया कि हवा दो चीजों से बनी है — शुद्ध भाग जो सांस लेने और धातुओं के निस्तापन में काम आता है। इस का नाम हम ऑक्सीजन रखते हैं। शेष भाग को हम मोफेते कहेंगे। बाद में मैंने अजीवित के लिए प्रयुक्त होने वाले एक यूनानी शब्द के आधार पर शेष भाग को एजोट कहने का निश्चय किया। फिर 1790 में ज्यां एतोइने वीपतल ने इसका प्रचलित नाम हाइड्रोजन रखा।”

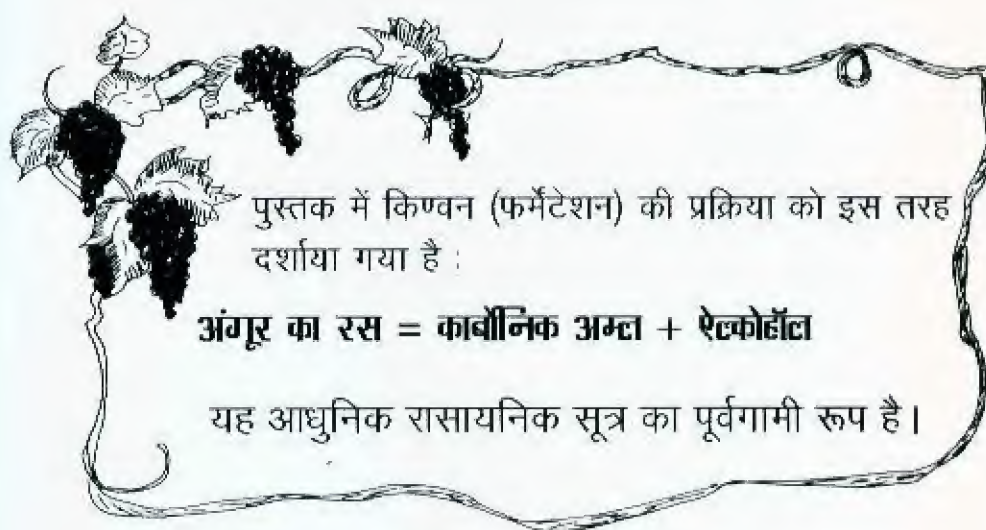
“फ्लोजिस्टॉन सिद्धांत में अनेक कमियां हैं, जिन्हें दूर किया जा सकता है — अगर यह मान लिया जाए कि दहन में ऑक्सीजन के साथ संयोजन होता है और ताप तथा प्रकाश निकलता है।”

पानी के संघटन का पता लगाने पर लेवाइजे का सिद्धांत पूर्ण हो गया। 1781 में जोसेफ प्रीस्टले और हेनरी कैवेंडिश ने देखा कि जिन पात्रों में “ज्वलनशील हवा” (हाइड्रोजन) का दहन होता है उनमें नन्ही बूंदें दिखाई देती हैं। पता लगा, वे पानी की बूंदें हैं। कुछ वर्ष बाद, लेवाइजे ने इसकी व्याख्या की...

“पानी ज्वलनशील हवा (हाइड्रोजन के खोजकर्ता द्वारा इसे दिया गया नाम) और ऑक्सीजन का यौगिक है।”



1789, पेरिस : लेवाइज़े की पाठ्य पुस्तक **त्रो एलिमेंतेरे दे काइमे** छप चुकी थी जिसमें प्रयोगों के आधार पर फ्लोजिस्टोन सिद्धांत को अस्वीकार कर दिया गया और दहन की एक नई आधुनिक व्याख्या प्रस्तुत की गई। पुस्तक में संपूर्ण प्रकृति जगत के सरल पदार्थों की सारणी भी दी गई जो प्रकृति के विविध अंशों के तत्व माने जा सकते हैं।" इसे रासायनिक तत्वों की पहली वास्तविक सारणी माना जाता है।



पुस्तक में किण्वन (फर्मेंटेशन) की प्रक्रिया को इस तरह दर्शाया गया है :

अंगूर का रस = कार्बोनिक अम्ल + ऐल्कोहॉल

यह आधुनिक रासायनिक सूत्र का पूर्वगामी रूप है।

फ्रांसीसी क्रांति के उन्माद में 1794 में गिलोटीन से पचास वर्षीय लेवाइज़े का सिर कलम कर दिया गया।

फ्रांसीसी रसायन विज्ञानी **लुई प्रोस्ट** (1754–1826) मेट्रिड में पढ़ाते थे। उन्होंने 1799 में नियत समानुपात के नियम का व्यावहारिक रूप से प्रदर्शन किया। उन्होंने दर्शाया कि कॉपर कार्बोनेट भार के हिसाब से जिन तत्वों के अंशों से बना है, वे नियत हैं। फिर चाहे इसे कैसे ही बनाया गया हो, या यह अपने प्राकृतिक रूप में हो अथवा इसका संश्लेषण (सिंथेसिस) किया गया हो।

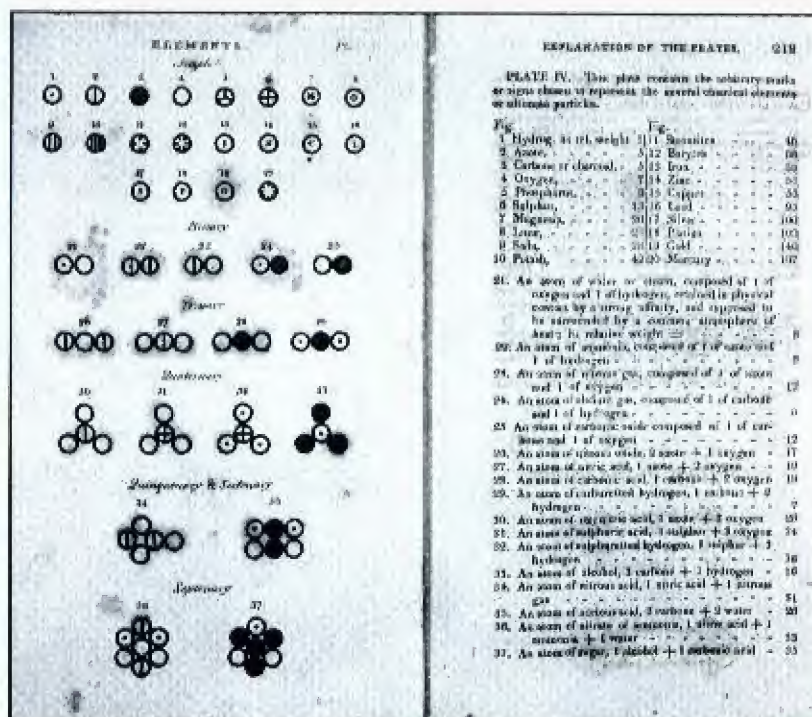


मैनचेस्टर में जॉन डॉल्टन (1766–1844) ने परमाणु संकल्पना प्रस्तुत की जिससे प्रोस्ट के प्रेक्षणों (ऑब्जर्वेशन) की व्याख्या की जा सकी और यौगिकों को उस रूप में देखना संभव हुआ जिस रूप में हम आज उन्हें देख रहे हैं।

“परमाणु सघन गोले हैं और विभिन्न पदार्थों के परमाणुओं का आकार भिन्न होता है। दो तत्वों से बने यौगिक (द्विअंगी यौगिक) में दोनों तत्वों का एक-एक परमाणु होता है। पानी हाइड्रोजन के एक और ऑक्सीजन के एक परमाणु से बना यौगिक है, अमोनिया हाइड्रोजन के एक और एक नाइट्रोजन के परमाणु से बनती है, आदि।”

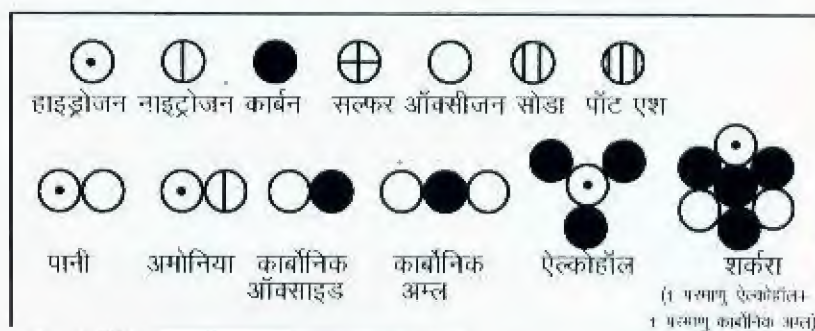


जॉन डॉल्टन



डाल्टन की पुस्तक 'ए न्यू सिस्टम ऑफ कैंमिकल फिलोसॉफी के पृष्ठ इसी अनुमान के आधार पर यौगिकों के रासायनिक विश्लेषण के बाद डाल्टन ने परमाणुओं के आपेक्षिक भार का पता लगाया। पानी के विश्लेषण से उसे पता लगा कि उसमें 85 $\frac{2}{3}$ भाग ऑक्सीजन और 14 $\frac{1}{3}$ भाग हाइड्रोजन है। अगर हाइड्रोजन के आपेक्षिक भार को इकाई माना जाए तो ऑक्सीजन का आपेक्षिक भार 6 हुआ। डाल्टन ने इसी तरह अन्य परमाणुओं के आपेक्षिक भार का भी पता लगाया और परमाणुओं के भार की पहली सारणी तैयार की।

डाल्टन ने अपने सिद्धांत को अभिव्यक्त करने के लिए अनेक प्रतीक सुझाए। आलेख (पैफिक) प्रतीकों के कारण इस सिद्धांत को अपनाना आसान हो गया।

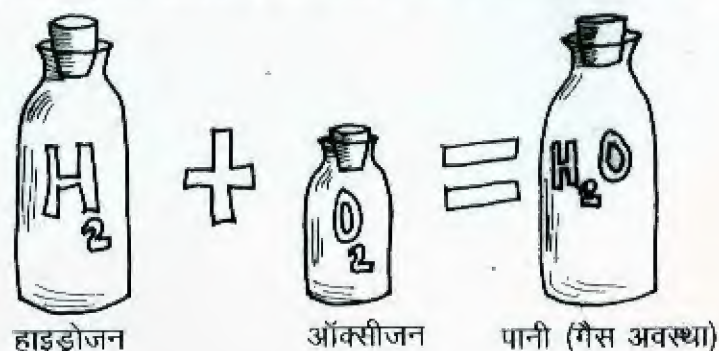


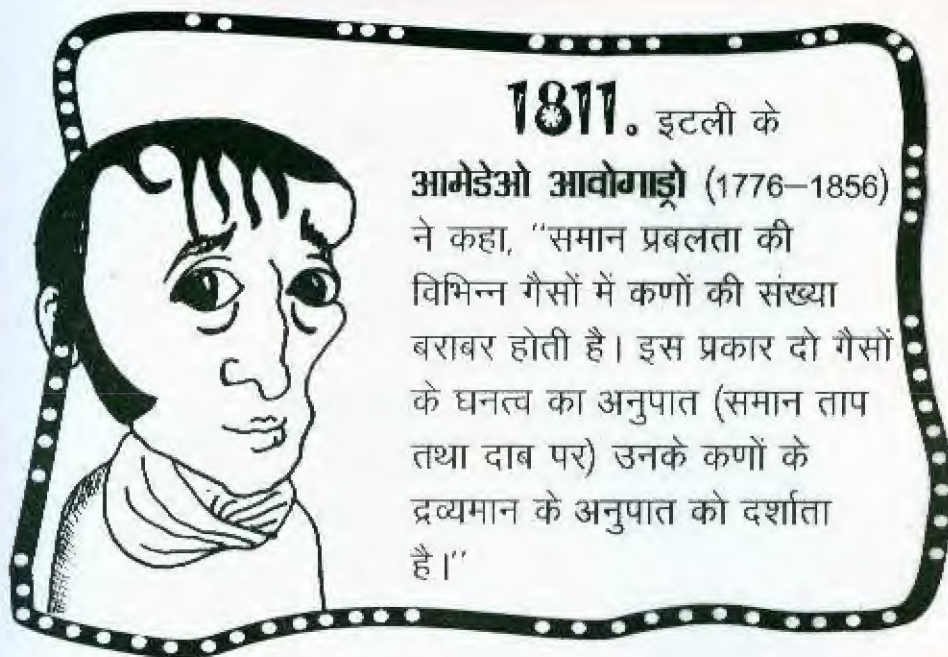


चित्र : स्वीडन के रसायन विज्ञानी **जॉस जैकब बर्जेलिअस** (1779–1848) ने पता लगाया कि किसी यौगिक के एक तत्व का परमाणु अन्य तत्वों के कम या अधिक परमाणुओं से जुड़ सकता है, और यह भी कि दो परमाणु अनेक परमाणुओं के साथ जुड़ सकते हैं।

1809। फ्रांसीसी रसायन विज्ञानी **जोजेफ लुई**

गे-लुसाक (1778–1850) ने यह विचार सामने रखा, “अभिक्रिया करने वाली गैसों के आयतन के अनुपात लघु पूर्णांक होते हैं – हाइड्रोजन और ऑक्सीजन 2:1 के अनुपात में मिलकर पानी बनाते हैं। नाइट्रोजन का 1 आयतन और हाइड्रोजन के 3 आयतनों के मिलने से अमोनिया बनती है।”





1811. इटली के

आमेडेओ आवोगाड्रो (1776–1856)

ने कहा, “समान प्रबलता की विभिन्न गैसों में कणों की संख्या बराबर होती है। इस प्रकार दो गैसों के घनत्व का अनुपात (समान ताप तथा दाब पर) उनके कणों के द्रव्यमान के अनुपात को दर्शाता है।”

आवोगाड्रो ने माना कि सरल गैस परमाणु आपस में मिलकर अणु (जैसे O_2 , H_2) बनाते हैं और किसी अन्य गैस से अभिक्रिया करके ये कण अलग होकर नए अणु बना सकते हैं। “पानी के अणु में ऑक्सीजन का आधा अणु और हाइड्रोजन का एक अणु अथवा दो – आधे अणु होंगे।”

वैज्ञानिकों के लिए दो एक—समान परमाणुओं के जुड़ने की बात को स्वीकार करना कठिन था और आवोगाड्रो की परिकल्पना की पुष्टि करने के लिए भी पर्याप्त तथ्य उपलब्ध नहीं थे। इसलिए आधी शताब्दी तक भ्रम की स्थिति के बाद ही इस विचार को अंततः स्वीकार कर लिया गया।



1814. बर्जेलियस ने परमाणु भार की जो सारणी बनाई वह आज की सारणी के लगभग समान है। रासायनिक समीकरणों के लिए भी संख्यात्मक गणनाएं की जा सकती हैं और प्रत्येक तत्व में मूलभूत विशेषताएं होती हैं — इस तथ्य से रसायन विज्ञान काफी सुव्यवस्थित हो सका।

बर्जेलियस द्वारा **आधुनिक रासायनिक प्रतीकों** के प्रयोग ने रसायन विज्ञान को और भी अधिक व्यवस्थित बना दिया। यह यौगिकों को दर्शाने की आशुलिपि बन गई। लैटिन भाषा में तत्व के नाम के प्रथम अक्षर का प्रयोग किया गया। यदि उसी अक्षर से किसी अन्य तत्व का नाम शुरू होता था तो उसके बाद का अक्षर भी उसमें जोड़ दिया जाता था।

प्रतीक का प्रयोग तथ्य के एक परमाणु अथवा **परमाणु भार** को दर्शाने के लिए किया गया।

तत्व	लैटिन नाम	प्रतीक
सल्फर	Sulphur	S
सिलिकॉन	Silicium	Si
एंटीमनी	Stibium	St*
टिन	Stannum	Sn

* बर्जेलियस के प्रतीकों में कुछ परिवर्तन किए गए हैं। जैसे, एंटीमनी जिसका प्रतीक अब Sb है।

इसी काल में रासायनिक अभिक्रिया से बिजली पैदा होने की खोज ने वैज्ञानिक अन्वेषण की एक नई दिशा खोल दी।

उन दिनों बिजली तैयार करने का एक ही तरीका मालूम था और वह था – कुछ विशेष चीजों को आपस में रगड़ना। रासायनिक बिजली की खोज तो संयोग से हो गई।

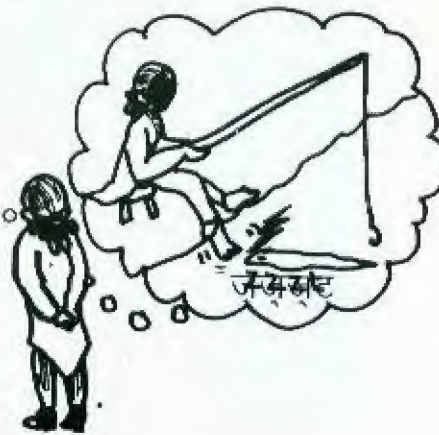
1786 में बोलोना विश्वविद्यालय में शरीर विज्ञान के प्रोफेसर **लुविजे गाल्वानी**

(1737–1798) ने मेंढक की एक विच्छेदित मांसपेशी लोहे के एक सहारे पर तांबे (कॉपर) के हुक से लटका दी। मांस पेशी अचानक फड़क उठी। गाल्वानी ने इस मजेदार घटना के बारे में विचार किया। जीव वैज्ञानिक होने के कारण उसने मांस पेशी पर ध्यान दिया। उसने सोचा मांस पेशी में बिजली पैदा होने के कारण वह फड़क उठी।



लुविजे गाल्वानी

मुझे
याद है,
एक ईल मछली से
मुझे बिजली का
झटका लगा था।
प्राणियों में भी
बिजली
बनती है।

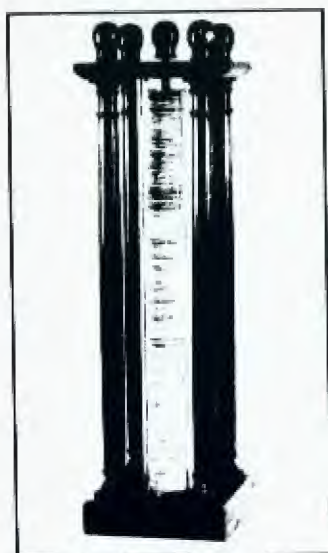




इटली के ही
आलेसांड्रो वोल्टा
(1745–1827) ने सोचा,

“हो सकता है, नम
वातावरण में विभिन्न
धातुओं के संपर्क के कारण
बिजली बनती हो और
मांसपेशी केवल इसका
संकेत कर रही हो।”

वोल्टा ने एक प्रयोग किया जिसमें उसने सिल्वर (चांदी) और जिंक की पट्टियों के बीच में नमक के घोल में डुबाया हुआ कपड़ा रखा। उसने देखा कि इस तरह बिजली पैदा होती है और ऐसी पट्टियों की संख्या बढ़ाने पर इसका प्रभाव बढ़ जाता है।



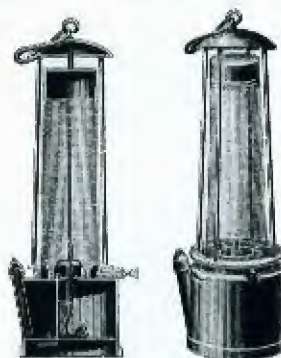
वोल्टीय पाइल

वोल्टीय पाइल पहली वास्तविक बैटरी थी। इससे लगातार बिजली की धारा बहती थी और पट्टियों का आकार तथा संख्या बढ़ाने पर उसका प्रभाव भी बढ़ जाता था। रसायन विज्ञानियों ने रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए इस उपकरण का तत्काल उपयोग करना शुरू कर दिया।

लंदन के रॉयल इंस्टीट्यूट में रसायन विज्ञान के प्रोफेसर **हुम्फ्री**

डेवी (1778-1819) ने 250 से भी अधिक धातु-पट्टियों की बैटरी बनाई।

1807 में इस बैटरी की बिजली का उपयोग करके उन्होंने विद्युत् अपघटन यानि इलेक्ट्रोलिसिस से अत्यधिक अभिक्रियाशील तत्वों यथा पोटैशियम और सोडियम का सारसत् (एक्स्ट्रैक्ट) प्राप्त किया।



डेवी का संपटी लैंप

डेवी ने अपने कई दूसरे योगदानों से भी विज्ञान की सेवा की। उन्होंने एक ऐसा लैंप भी बनाया जिसे खानों में काम करने वाले लोग मीथेनबहुल वातावरण में भी काम में ला सकते थे (मीथेन अत्यधिक ज्वलनशील गैस है)।

डेवी ने रॉयल इंस्टीट्यूशन में माइकल फ़ैराडे (1791-1867) को अपना सहायक चुना। डेवी और एक पत्रकार का यह सवाल-जवाब बहुत प्रसिद्ध है :

मिस्टर डेवी,
आपकी सबसे बड़ी
खोज क्या है?



डेवी

मेरी सबसे
बड़ी
खोज है
माइकल
फ़ैराडे!

माइकेल फैराडे के पिता लुहार थे और उसे औपचारिक शिक्षा दिलाना उनके लिए संभव नहीं था। फैराडे एक जिल्दसाज के पास काम करते थे। इस काम से उन्हें दो चीजें मिलीं – पढ़ने के लिए ढेर सारी किताबें और औजारों का सही तथा निपुणता के साथ प्रयोग करने का प्रशिक्षण। विज्ञान में गहरी रुचि के कारण डेवी के संपर्क में आए और सफल वैज्ञानिक बने।



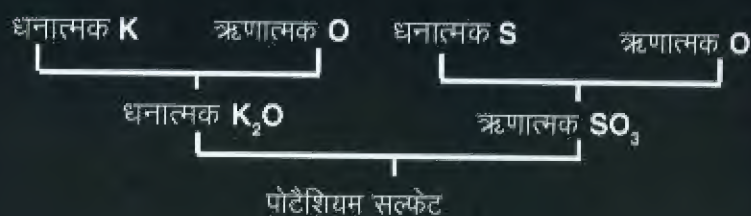
1833.



विद्युत अपघटन में अपघटित पदार्थ की मात्रा विद्युत धारा की शक्ति तथा समय की समानुपातिक होती है। और, अपघटित पदार्थ का भार पदार्थ के तुल्यांकी (इक्विवैलेंट) भार का समानुपातिक होता है।

विद्युत अपघटन में रासायनिक यौगिक टूटते हैं, इसलिए यह मान लिया गया कि विद्युत यानि बिजली जोड़ती है। रसायन विज्ञानियों के मन में यह विचार पहले ही जमा हुआ था। बर्जेलीअस का मानना था कि प्रत्येक परमाणु में अतिरिक्त धनात्मक (पॉजिटिव) अथवा ऋणात्मक (नेगेटिव) आवेश (चार्ज) का अलग-अलग अंश होता है। जब यौगिक बनते हैं तो आवेश का उदासीनीकरण हो जाता है, लेकिन यह आवश्यक नहीं कि इस तरह बना यौगिक भी उदासीन हो क्योंकि अभिक्रिया करने वाले दोनों परमाणुओं के आवेश समान नहीं हैं और वे दोनों को उदासीन नहीं बनाते।

उदाहरण के लिए सल्फर ऑक्सीजन के लिए धन विद्युती (इलेक्ट्रो पॉजिटिव) पदार्थ है और इसके साथ जुड़ कर सल्फर ट्राइ ऑक्साइड (SO_3) नामक द्विअंगी (बाइनरी) पदार्थ बना सकता है जिसमें ऋणात्मक आवेश प्रबल होता है, इसलिए पूरा पदार्थ विद्युत ऋणात्मक हो जाता है। इसी प्रकार, पोटैशियम और ऑक्सीजन के मिलने से ऑक्साइड K_2O बनता है जिसमें धनात्मक आवेश बना रहता है। इसलिए सल्फर और पोटैशियम के ऑक्साइड मिलकर पोटैशियम सल्फेट लवण बना सकते हैं।



इस सिद्धांत से विद्युत अपघटन के तथ्य सही सिद्ध हुए और लवणों को आपस में जोड़ने वाली बंधुता (एफेनिटी) की शक्ति की भी व्याख्या करना संभव हो गया। लेकिन, यह सिद्धांत कुछ प्रायोगिक तथ्यों के विपरीत था, जैसे वास्तविक SO_3 तथा K_2O यौगिकों में विद्युत आवेश नहीं पाया गया। इसमें कुछ और कमियां भी थीं, जैसे इस सिद्धांत से आवोगाद्रो के सिद्धांत को स्वीकार करना असंभव हो गया जिसके अनुसार हाइड्रोजन, ऑक्सीजन या नाइट्रोजन दो समान आवेश वाले परमाणु आपस में जुड़ते हैं। बाद में कार्बनिक रसायन विज्ञान की प्रगति से यह समस्या और भी अधिक बढ़ जाती। यह सिद्धांत की असफलता का मुख्य कारण बना।

इस सिद्धांत का सामान्य उपयोग नहीं किया जाता था लेकिन इससे अम्लों, क्षारों तथा लवणों की पारस्परिक क्रिया की व्याख्या बेहतर ढंग से की जा सकती थी। आज भी आयनी यौगिकों (आयोनिक कंपाउंड) की प्रकृति को समझाने में हम इसका सहारा ले रहे हैं।

यहां तक पहुंच जाने के बाद, रसायन विज्ञान को पहली बार अपने आप में एक अलग व्यवसाय के रूप में पूर्ण मान्यता मिल गई। विश्वविद्यालयों में रसायन विज्ञान के प्रोफेसरों का होना आम बात हो गई। इससे पहले तक रसायन विज्ञानियों को रासायनिक अन्वेषण शुरू करने से पहले प्रायः फॉर्मेसिस्ट या फिजिशियन का प्रशिक्षण दिया जाता था।



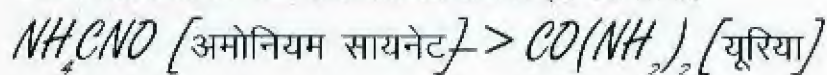
विज्ञान के अंतर्राष्ट्रीय स्वरूप और स्वतंत्र रूप से विचारों के आदान-प्रदान ने इसके विकास में बड़ी मदद की। उदाहरण के लिए, फ्रांस और इंग्लैंड के बीच नेपोलियन के युद्ध के बावजूद 1813 में डेवी फ्रांस गए और फ्रांसीसी रसायनविज्ञानियों के अतिथि के रूप में उन्होंने प्रयोगशालाओं का भ्रमण किया।



आइए, अब **कार्बनिक रसायन** के विकास पर विचार करें।



पहले तक यही माना जाता था कि किसी भी जीव के उत्पादों यानि कार्बनिक यौगिकों का नियंत्रण "प्राणशक्ति" से होता है जो स्वयं जीवन की देन है और कार्बनिक यौगिकों को उनके स्पष्ट गुण प्रदान करती है। जब 1828 में जर्मन रसायन विज्ञानी **फ्रेडरिक वूलर** (1800-1882) ने **यूरिया का संश्लेषण** कर लिया तो बर्जेलिअस तथा अन्य विज्ञानियों के विचार को इससे बड़ी चुनौती मिली। यूरिया प्राणियों के शरीर में बनता है जबकि वूलर ने अमोनियम सायनेट जैसे अकार्बनिक लवण के जलीय घोल की वाष्प से इसे बना लिया।





वूलर

'बिना गुर्दे के ही
शानदार यूरिया!'

वूलर की खोज ने 'प्राण शक्ति' सिद्धांत का खंडन किया। उसने बर्जेलियस के साथ काम किया था। वूलर ने उसे लिखा, "मैं तुम्हें बताना चाहता हूँ कि मैं किसी प्राणी यानि आदमी या कुत्ते के गुर्दे के बिना यूरिया बना सकता हूँ।"

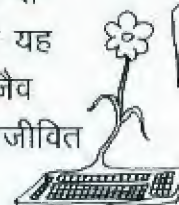


गाय हो
सकती है?

बर्जेलियस



यह बहुत बड़ा कदम था। ज्यों-ज्यों अधिक से अधिक यौगिकों का संश्लेषण हुआ त्यों-त्यों यह स्पष्ट हो गया कि कार्बनिक रसायन तथा जैव क्रियाओं पर वही नियम लागू होते हैं जो अजीवित पदार्थों पर लागू होते हैं।



कोयला, तारकोल तथा पेट्रोलियम जैसे अजीवित पदार्थों से कार्बनिक यौगिक बनाने में बहुत रुचि ली जाने लगी। इस कारण 1800 के उत्तरार्द्ध में जर्मनी में शैक्षिक तथा औद्योगिक स्तर पर कार्बनिक रसायन विज्ञान की उल्लेखनीय प्रगति हुई।

यूस्टूरा लीबिह (1805-1873) ने वैश्लेषिक (एनालिटिक) कार्बनिक रसायन विज्ञान में बहुत बड़ा योगदान दिया। उसने एक ऐसी विधि का विकास किया जिससे अणु में विभिन्न प्रकार के परमाणुओं की संख्या का पता लगाना संभव हो गया। उसने कार्बनिक पदार्थ के नमूने का भार लेकर उसे जलाया और समुचित रसायनों की मदद से गैसों (मुख्य रूप से कार्बन डाइऑक्साइड तथा पानी) को भी प्राप्त किया। रसायनों के बढ़े हुए भार का पता लगा कर उसने यह मालूम कर लिया कि उनमें मौजूद उत्पाद से भार कितना बढ़ा। इस तरह उसे मूल पदार्थ में कार्बन, हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन की मात्रा का पता लगाने में सफलता मिल गई।

लीबिह कार्बन डाइऑक्साइड के पीछे पड़ गया। और, अंत में उसका पता लगाकर उसे इस उपकरण में कैद कर लिया जिसमें कार्बोस्टिक सोडा का घोल भरा था।



दुनिया भर के मूलकों (रेडिकल) एक हो जाओ! हमने क्या खोना है - बस बंधन!



वे मूलक सदा ग्रुप बनाते रहते हैं! कहते हैं, वे दुनिया बदल देंगे.....

अभिलेखनीय समूह (फंक्शनल ग्रुप) यानि परमाणुओं का वह समूह जो एक इकाई की तरह अभिक्रिया करता है, कार्बनिक रसायन विज्ञान को समझने की कुंजी बन गया। उन दिनों इसे **'मूलक'** यानि **रेडिकल** कहते थे। रसायन विज्ञानियों ने पता लगाया कि यौगिकों के कुछ गुण मूलकों के कारण होते हैं। यौगिकों का वर्गीकरण हाइड्रोकार्बन या 'मौलिक मूलकों', अम्लों, ऐल्कोहॉल आदि के रूप में किया गया।

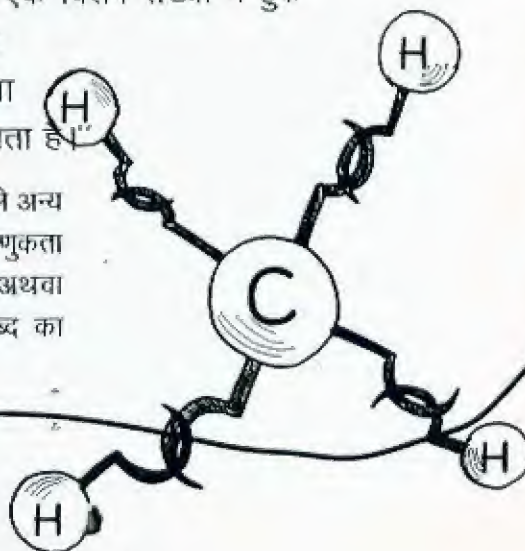
1837. जे.बी.ए. डूमा (1800–1884) और यूस्तूस लीबिह ने कहा, “मूलक (रेडिकल) कार्बनिक रसायन के तत्व हैं। खनिज-रसायन में मूलक सरल हैं, जबकि कार्बनिक रसायन में वे यौगिक हैं। बस, यही अंतर है। अन्यथा, संयोजन (कंबिनेशन) तथा अभिक्रिया (रिएक्शन) के नियम समान ही हैं।”

1850 के दशक में अनेक रसायन विज्ञानियों के कार्य से **आणविक संरचना** के विचार का जन्म हुआ।

1852. एडवर्ड फ्रैंकलैंड (1825–1899) ने पता लगाया कि नाइट्रोजन, फास्फोरस तथा आर्सेनिक के एक परमाणु का संयोजन सदा तीन अथवा पांच कार्बनिक मूलकों के साथ होता है। जिक, मर्करी और ऑक्सीजन का दो मूलकों से संयोजन होता है।

फ्रैंकलैंड ने कहा, “आकर्षित करने वाले तत्व की संयोजन शक्ति* सदैव जुड़ने वाले परमाणुओं की समान संख्या से संतुष्ट होती है, भले ही परमाणु कैसे भी हों। यों, समझ लीजिए, जैसे प्रत्येक परमाणु में एक विशेष संख्या में हुक लगे हैं जिनसे वह दूसरे परमाणुओं या मूलकों से जुड़ जाता है।”

*संयोजन शक्ति के बदले अन्य अनेक वैज्ञानिकों ने परमाणुकता या बंधुता इकाइयों अथवा संयोजकता (वैलेंसी) शब्द का प्रयोग किया।



अब मूलकों की भीतरी संरचना पर विचार किया गया। जर्मनी में **फ्रेडरिख आगस्ट केकुले** (1829-1896) और पेरिस, फ्रांस में **आर्किबाल्ड स्कॉट कूपेर** (1831-1892) ने अलग-अलग लेकिन लगभग एक ही समय में इस समस्या पर काम किया और कार्बनिक रसायन सिद्धांत में एक नए महत्वपूर्ण विचार...
= संरचना सूत्र सामने रखा।



1858.

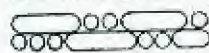
कार्बन 'टेट्राएटोमिक' तत्व है यानि इसमें चार 'बंधुता इकाइयां' हैं जिनके कारण यह चार मोनेटॉमिक तत्वों जैसे हाइड्रोजन और दो 'डाइएटॉमिक' तत्वों जैसे ऑक्सीजन से जुड़ जाता है। कार्बन अपनी एक बंधुता (एफेनिटी) इकाई का उपयोग करके दूसरे कार्बन परमाणु से जुड़ सकता है और इस तरह कार्बन परमाणुओं की शृंखलाएं बनाई जा सकती हैं।



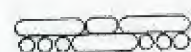


कार्बनलक
यौगलक,
रेखाचलतुरों दुरलर
अभलवुतुत कलए
ऑ सकुते हैं।

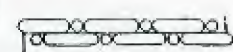
केकुले की संरचनाएं



प्रुऑल
ऐलुओहॉल



ऐसीटुन



बैऑलन

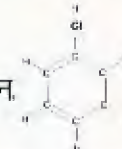
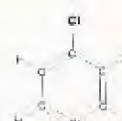
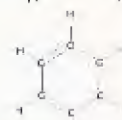
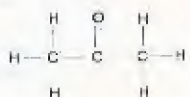
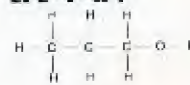


कलुओरुबैऑलन



डलकुलुओरुबैऑलन

आधुनलक संरचनाएं



केकुले के रेखाचलतुर वलसुतवलक संरचना की दृषुतल से बहुत सुवलधलऑनक नहलं थे। कुुपर ने भी केकुले की तरह ही सलदुधलंत सलमने रेखा, लेकुन उसने परमलणुओं कुु ऑऑने के ललए रेखाओं कल प्रुऑऑ कलल। इससे आधुनलक संरचनातुमक सुतुरों कल ऑनुऑ हुल।

अधलकलंश यौगलकों के सुवमलव कल पतल लग गलल, लेकुन बैऑलन ऑैसे ऐरुुऑेटलक यौगलकों की संरचना रहसुय ही बनी रही।

1865. केकुले इस बलरे में गंभीरतलपूरुवक वलऑलर कर

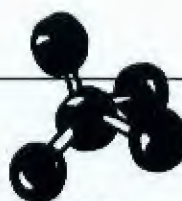
रहल थल। कलंवदंती है कल उसने सपने में कुंडली मलर कर मुंह में पूंऑ दललऐ सलंप कुु देखा। इससे उसके मन में यह वलऑलर आलल कल कार्बन की शृंखलल गलल मुड कर अपने-आप से भी तुु ऑुड सकती है। इस वलऑलर के आधुलर पर उसने बैऑलन की संरचना बनलई। कार्बनलक यौगलकों में कार्बन संरचनाओं की परलकलुपनल करने की अदुभुत कुुमतल के पीऑे शललद वलसुतुकलल में केकुले के प्रलरंभलक प्रशलकुषण कल हलथ रहल हुु।



जैकोबस हेनरिकस वांट

हॉफ (1852–1911) तथा **जे.ए. ले बेल**

(1847–1930) ने कार्बन यौगिकों की संरचना के अध्ययन को आगे बढ़ाया। उन्होंने कार्बन के संयोजकता बंधनों (वैलेंसी बांड) को मात्र द्वि-आयामी तल में नहीं बल्कि त्रि-आयामी दिक्-स्थान (स्पेस) में प्रस्तुत किया। इस प्रकार कार्बन अणु चतुष्फलक (टेट्राहेड्रॉन) के केंद्र में रखा गया और बंधन चतुष्फलक के किनारों से जुड़े।



इस संरचना से त्रिविम समावयवता

(स्टीरियो आइसो-मेरिज़्म) की व्याख्या

करना संभव हो गया। जब किन्हीं दो यौगिकों के परमाणु तथा परमाणु संबद्धता समान होती है लेकिन दिक् (स्पेस) में परमाणुओं का विन्यास भिन्न होता है तो यह स्थिति त्रिविम समावयवता कहलाती है।

लुई पाश्चर

(1822–1895) ने 1848 में इस

परिघटना का अध्ययन किया

था। पाश्चर ने देखा कि ठोस

सोडियम अमोनियम टार्टरेट में दो प्रकार

के क्रिस्टल यानि क्रिस्टल होते हैं। उसने बड़ी

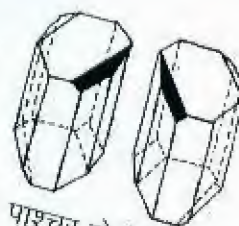
मेहनत के साथ चिमटी की मदद से दोनों प्रकार

के क्रिस्टलों को अलग-अलग छांटा। जब इन

दोनों प्रकार के क्रिस्टलों के अलग-अलग घोल

में से तल-ध्रुवित प्रकाश आरपार हुआ तो प्रकाश

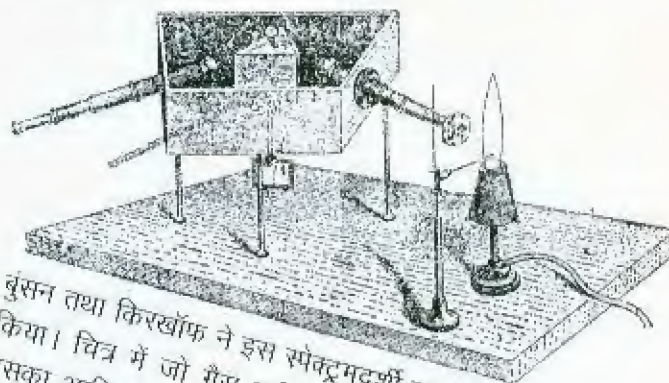
का तल ठीक विपरीत दिशाओं में घूमने लगा।



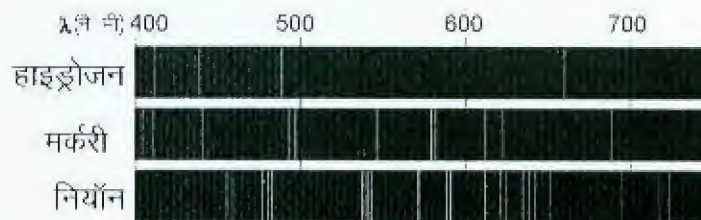
पाश्चर के क्रिस्टल

19वीं सदी में अनेक नए तत्वों की खोज हुई। स्पेक्ट्रमी विश्लेषण की सुविधा से यह काम और भी आसान हो गया।

वैज्ञानिकों ने देखा कि सोडियम और पोटेशियम लवणों की ज्वाला का विशेष रंग होता है। **शाबर्ट बुंसन** (1811–1899) तथा **गुस्ताव रॉबर्ट किरखॉफ** (1824–1887) ने ज्वाला में जलते तत्वों से निकले प्रकाश का अध्ययन करने के लिए एक नया उपकरण **स्पेक्ट्रमदर्शी** यानि स्पेक्ट्रोस्कोप बनाया। स्पेक्ट्रमदर्शी से ज्वाला से निकलते प्रकाश की विभिन्न आवृत्तियों का मानचित्रण करना संभव हो गया।



बुंसन तथा किरखॉफ ने इस स्पेक्ट्रमदर्शी का प्रयोग किया। चित्र में जो गैस बर्नर दिखाई दे रहा है, उसका आविष्कार बुंसन ने 1856 में किया था।



कुछ तत्वों के परमाण्वीय उत्सर्जन।
ध्यान दीजिए, प्रत्येक तत्व की रेखाएं दूसरे तत्व से भिन्न हैं।

स्पेक्ट्रम में प्रत्येक तत्व के प्रकाश की विशेष आवृत्तियाँ अथवा रेखाएँ बनती हैं और उन पर अन्य तत्वों की उपस्थिति का कोई अंतर नहीं पड़ता।



बुंसन



किरखॉफ

विशेष स्पेक्ट्रम अथवा तत्व की 'छाप' तत्व की सूक्ष्म मात्रा से भी मिल सकती है। यदि स्पेक्ट्रम में ऐसी नई रेखाएँ दिखाई दें जो पहले नहीं देखी गईं, तो इसका मतलब है कि वे किसी नए तत्व के कारण बनी हैं।

स्पेक्ट्रमी विश्लेषण अत्यधिक संवेदनशील तकनीक है। इससे अनेक तत्वों की खोज हुई। सबसे पहले खोजे गए तत्वों में सीज़ियम (लैटिन भाषा में आसमानी नीला रंग सीज़ियम कहलाता है) तथा रुबिडियम थे। सीज़ियम को 1860 और रुबिडियम को 1861 में खोजा गया। इनके स्पेक्ट्रम में सुंदर नीली और लाल रेखाओं को देख कर ही इनका नामकरण किया गया।

ज्यों-ज्यों तत्वों की संख्या बढ़ती गई, उनसे विशेष प्रवृत्तियों का भी पता लगा। तत्वों को उनके समान गुणों और उनके सदस्यों की अभिक्रियाओं के आधार पर समूहों में बांटा जा सकता है। हेलोजेन तथा क्षारीय धातुओं में ऐसी सादृश्यता बिल्कुल स्पष्ट दिखाई देती थी। साथ ही, बर्जेलियस द्वारा निर्धारित परमाणु भारों से कुछ संख्यात्मक मान भी प्राप्त हो गए, जिनके आधार पर भी वर्गीकरण किया जा सकता था।



1869। जर्मनी में **लोथार मेयर** (1830–1935) और रूस में **दमित्री इवानोविच मेंदलीव** (1834–1907) ने साथ-साथ ही यह पता लगाया कि :



मेयर

“यदि हम तत्वों को उनके बढ़ते परमाणु भार के अनुसार एक क्रम में रखें तो उनके भौतिक और रासायनिक गुणों की पुनरावृत्ति दिखाई देती है।”



मेंदलीव

तत्त्वों के परिवार में उन्होंने वे स्थान खाली छोड़े जिनमें कोई तत्व रखा जा सकता था लेकिन खोज नहीं हुई थी।

“सारणी से उन तत्त्वों के रासायनिक तथा भौतिक गुणों का पूर्वानुमान लगाया जा सकता है जो उन खाली स्थानों में रखे जाएंगे!”



				Ti = 50	Zr = 90	? = 180
				V = 51	Nb = 94	Ta = 182
				Cr = 52	Mo = 96	W = 186
				Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
				Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
				Ni - Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
				Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
H = 1				Zn = 65,2	Cd = 112	
Be = 9,4	Mg = 24			? = 68	Ur = 116	Au = 197?
B = 11	Al = 27,4			? = 70	Su = 118	
C = 12	Si = 28			As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
N = 14	P = 31			Se = 79,4	Te = 128?	
O = 16	S = 32			Br = 80	J = 127	
F = 19	Cl = 35,5			Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
Li = 7 Na = 23	K = 39			Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
	Ca = 40			Ce = 92		
	? = 45			La = 94		
	?Er = 56			Di = 95		
	?Yt = 60			Th = 118?		
	?In = 75,6					

मेंदलीव की आवर्त सारणी का पहला रूप, 1869

तब गेलियम, जर्मेनियम और स्कैंडियम की खोज नहीं हुई थी। मेंदलीव ने अपनी सारणी में उनके लिए खाली स्थान छोड़ दिया। उसने इन अज्ञात तत्त्वों की परमाणु संहति तथा रासायनिक गुणों का भी पूर्वानुमान लगाया।

पूर्वानुमान

एका—ऐलुमिनियम

परमाणु भार : लगभग 68

आपेक्षिक घनत्व 5.9; गलन बिंदु न्यून; अवाष्पशील; वायु से अप्रभावित, लाल गर्म हो जाने पर वाष्प को विघटित कर सकता है; अम्लों और क्षारों में धीरे-धीरे घुल सकता है। ऑक्साइड सूत्र Ea_2O_3 , अम्लों में घुलकर EaX_3 जैसे लवण बना सकता है; हाइड्रोक्साइड अम्लों तथा क्षारों में घुलना चाहिए।

प्रेक्षित

गेलियम

परमाणु भार : 69.9

आपेक्षिक घनत्व 5.94; गलन बिंदु 30° से, मध्यम ताप पर अवाष्पशील; वायु से कोई परिवर्तन नहीं, वाष्प के साथ कोई अभिक्रिया नहीं, अम्लों और क्षारों में धीरे-धीरे घुलता है। ऑक्साइड सूत्र Ga_2O_3 , अम्लों में घुलकर GaX_3 जैसे लवण बनते हैं, हाइड्रोक्साइड अम्लों तथा क्षारों में घुल जाता है।

1874 में गेलियम की खोज हुई। मेंदलीव की भविष्यवाणी सच निकली।

फिर अन्य तत्वों की खोज हुई। उनका रासायनिक व्यवहार भी मेंदलीव के पूर्वानुमान के समान ही निकला। इसके कारण आवर्त सारणी को मान्यता मिल गई। अकार्बनिक रसायन विज्ञान को सुव्यवस्थित करने में इसका महत्वपूर्ण योगदान रहा।

उन्नीसवीं सदी में अकार्बनिक तथा कार्बनिक रसायन विज्ञान की ही तरह भौतिक रसायन विज्ञान का भी काफी विकास हुआ। रासायनिक बल गतिकी (काइनेटिक्स), ऊष्मा गतिकी तथा विद्युत्-रसायन—इन क्षेत्रों में तेजी से प्रगति हुई।

“हूँ! मैं हूँ 19वीं सदी का रसायन-राक्षस।

... उस समय के रसायन विज्ञान की विभिन्न शाखाओं के प्रतीक हैं मेरे सिर।”



1850. लुडविग विल्हेल्मी (1812–1864) ने अम्लों की उपस्थिति में गन्ने की शर्करा (चीनी) के जल अपघटन का अध्ययन किया। उसने शर्करा की सांद्रता का पता लगाने के लए ध्रुवण घूर्णन (ऑप्टिकल रोटेशन) में हुए परिवर्तन का उपयोग किया। और, उसने पहली बार किसी रासायनिक प्रक्रिया को गणित की भाषा में व्यक्त किया।

विल्हेल्मी ने दर्शाया कि अगर Z शर्करा की सांद्रता है तो समय अंतराल (dT) में शर्करा की हानि (dZ) को इस तरह व्यक्त किया जा सकता है :

$$-dZ/dT = kZ$$

जहां, k अचर (कॉन्स्टेंट) है। यह एकाण्विक अभिक्रिया (मोनोमॉलिक्यूलर अभिक्रिया) की दर अभिव्यक्ति है।

लगभग उसी समय **ए. डब्लू. विलियम्सन** (1824–1904) ने देखा कि जब किसी अभिक्रिया में किसी निश्चित दर से कोई पदार्थ बनता है और जब ये पदार्थ एक निश्चित दर से अभिक्रिया करके मूल पदार्थों को पुनः बनाते हैं तो इस प्रक्रिया में एक समय ऐसा आता है जब संतुलित साम्यावस्था आ जाती है। यही **गतिक संतुलन** (डायनेमिक इक्विलिब्रियम) की संकल्पना थी।



1877. वांट हॉफ ने अभिक्रियाओं में भाग लेने वाले अणुओं की संख्या के आधार पर उनका वर्गीकरण करके अभिक्रिया क्रम की व्याख्या की (पहला क्रम, दूसरा क्रम आदि)।

स्वांते अर्हेनियस (1859–1927) ने पता लगाया,



“किसी मिश्रण में प्रत्येक आण्विक संघट्टन (कोलिजन) से अभिक्रिया नहीं होती। केवल सक्रिय अणु ही यानि जिनमें न्यूनतम सक्रिय ऊर्जा होती है, अभिक्रिया करते हैं।”

इन विचारों के आधार पर **गतिकी** यानि अभिक्रिया दरों से संबंधित अध्ययन, को रसायन विज्ञान की एक शाखा के रूप में मान्यता मिल गई। इसने रासायनिक अभिक्रियाओं के असली स्वरूप को समझने में बड़ा योगदान दिया।



अब तक उत्प्रेरण (कैटालिसिस) के अनेक उदाहरण सामने आ चुके थे लेकिन उनकी व्याख्या पर **रहस्य** का पर्दा पड़ा रहा। एक अनुमान यह था कि अणुओं की ऊर्जा अवस्थाओं को कोई उत्प्रेरक बल बदल देता है।

1894. विलहेल्म ओस्टवाल्ड (1853–1932) ने

उत्प्रेरक यानि कैटेलिस्ट के बारे में आधुनिक विचार व्यक्त किए और इस परिघटना को गतिकी (काइनेटिक्स) से संबंधित बताया। उत्प्रेरक वह पदार्थ है जो किसी रासायनिक प्रक्रिया में अभिकारकों (रिएक्टेंट) तथा उत्पादों की ऊर्जा में कोई परिवर्तन किए बिना अभिक्रिया की दर को बढ़ा देता है। उत्प्रेरक अभिक्रिया के लिए न्यून सक्रियण (एक्टिवेशन) ऊर्जा का मार्ग बनाता है और इस तरह आणविक संघट्ट (कोलिजन) के बड़े अंश को अभिक्रिया के लिए प्रेरित करता है।

उत्प्रेरक की भूमिका को समझने के लिए, आइए एक स्थिति की कल्पना करें : मान लीजिए आप किसी रेगिस्तान के बीच में हैं और कागज के टुकड़े पर लिखना चाहते हैं।

सहारे के लिए आप कागज को केवल रेत पर रख सकते हैं लेकिन इस पर लिखना एक धीमी और कठिन प्रक्रिया है



लेकिन, अगर आपके पास कागज को सहारा देने के लिए विलप बोर्ड है तो उस पर कागज रख कर आप तेजी से लिख सकते हैं। कागज के एक पन्ने पर लिख लेने के बाद आप फिर विलपबोर्ड का सहारा लेकर दूसरे पन्ने पर लिख सकते हैं।



इस तरह, विलपबोर्ड उत्प्रेरक के समान है जो बिना किसी परिवर्तन के लिखने की गति तेज कर देता है।



1842. जर्मन चिकित्सक **रोबर्ट मेयर** (1814–1887) ठंडी

जलवायु की अपेक्षा उष्ण कटिबंधी जलवायु में शिराओं के रक्त का गाढ़ा लाल रंग देख कर बहुत प्रभावित हुआ। गाढ़े रंग का मतलब था हृदय में वापस पहुंचने वाले रक्त में ऑक्सीजन की अधिक मात्रा। इससे मेयर ने अनुमान लगाया कि शरीर का तापमान बनाए रखने के लिए गर्म जलवायु में शरीर में कम ऑक्सीजन जलती है क्योंकि ऊर्जा की कम आवश्यकता पड़ती है। **ऊर्जा संरक्षण नियम** की दिशा में यह

पहला कदम था। इस नियम की खोज बाद में रुडॉल्फ क्लॉसियस ने की।

हूँ म म म... मैं कब से इस कॉफी को मथ रहा हूँ... फिर भी यह गर्म क्यों नहीं हो रही है?

1845. जेम्स प्रेस्कॉट

जूल (1818–1889) ने देखा कि किसी द्रव को मथने से उसका तापमान बढ़ जाता है। इससे उसने ऊष्मा और यांत्रिक ऊर्जा की तुल्यता सिद्ध की।



रुडॉल्फ कर्लॉसियास

(1822-1888) ने 1865 में एक नए उष्मागतिक अवस्था फलन का **एंट्रॉपी** नाम सुझाया और अपने दो प्रसिद्ध नियमों का सारांश प्रस्तुत किया :

1. विश्व में ऊष्मा अचर (कांस्टेंट) है।

2. एंट्रॉपी (जो किसी प्रणाली की अव्यवस्था की माप है) अधिकतम स्तर तक होती है।



ऊष्मागतिकी के तीसरे नियम की खोज बहुत बाद में हुई।

1905 के आसपास **वाल्टर नेबेस्ट** ने (1864–1941) ने न्यून तापमान पर पदार्थों के व्यवहार का अध्ययन करते हुए तीसरे नियम का प्रारंभिक रूप सामने रखा :

जब तापमान परम शून्य तक पहुंचने लगता है तो पदार्थों की भौतिक गतिविधियां समाप्त होने लगती हैं।

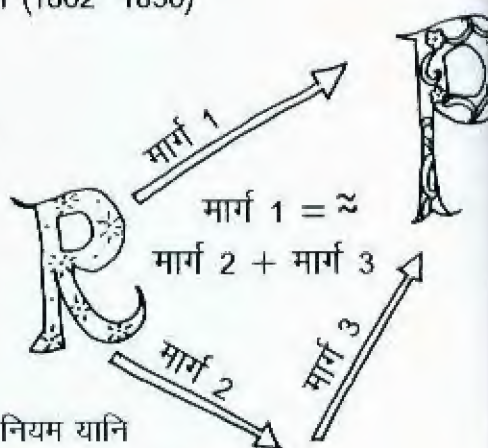


ऊष्मा गतिकी में पदार्थों के इस व्यवहार का ऊष्मा-रासायनिक अध्ययन किया गया।

1840. जर्मन हेनरी हेस (1802–1850)

ने कहा,

“किसी अभिक्रिया में कुल ऊष्मा समान मात्रा में पैदा होती है, चाहे अंतिम उत्पाद प्राप्त करने में कितने ही मध्यवर्ती चरण क्यों न हों।”



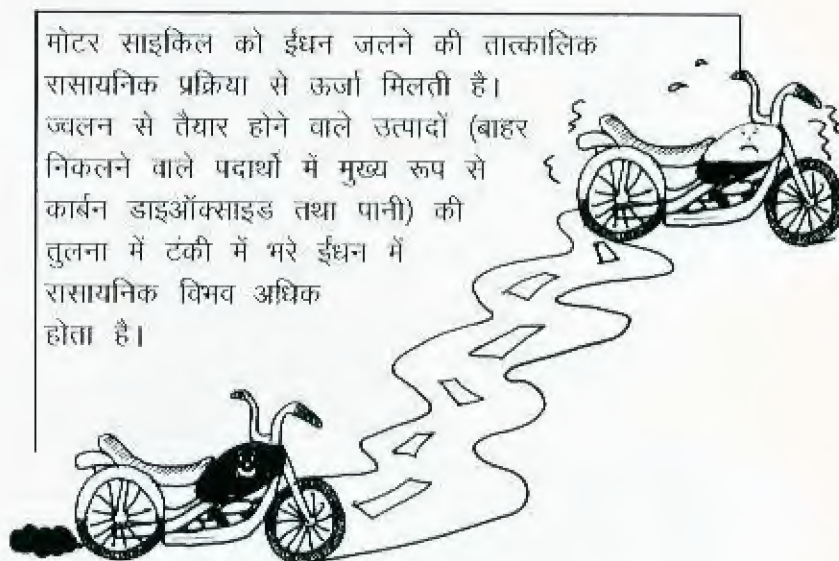
असल में यह स्थिर ऊष्मा संकलन नियम यानि

ला ऑफ कांस्टेंट समेशन ऑफ हीट दो वर्ष बाद मेयर द्वारा घोषित ऊष्मा संरक्षण नियम का ही एक विशेष उदाहरण था।

1878. येल, अमेरिका के जोसिया विलार्ड गिब्स

(1839–1903) ने रासायनिक विभव (कैमिकल पोटेंशियल) की संकल्पना प्रस्तुत की जिससे रासायनिक प्रक्रिया की दिशा का पता चलता है : 'रासायनिक विभव' 'विद्युत् विभव' के अनुरूप होता है। जिस तरह उच्च विद्युत् विभव से विद्युत् धारा न्यून विद्युत् विभव की ओर प्रवाहित होती है, ठीक उसी तरह जब कोई अभिक्रिया होती है तो पदार्थ उच्च रासायनिक विभव से न्यून रासायनिक विभव की ओर 'प्रवाहित' होता है।

मोटर साइकिल को ईंधन जलने की तात्कालिक रासायनिक प्रक्रिया से ऊर्जा मिलती है। ज्वलन से तैयार होने वाले उत्पादों (बाहर निकलने वाले पदार्थों में मुख्य रूप से कार्बन डाइऑक्साइड तथा पानी) की तुलना में टंकी में भरे ईंधन में रासायनिक विभव अधिक होता है।



गिब्स ने प्रावस्था नियम (फेज रूल) भी प्रस्तुत किया जो किसी प्रणाली में समीकरण के रूप में, घटकों (C) तथा प्रावस्थाओं (P, जैसे ठोस, द्रव, वाष्प) की संख्या के साथ स्वतंत्रता की कोटि (डिग्री ऑफ फ्रीडम, F, तापमान, दाब आदि चरों की संख्या जिनमें स्वतंत्र रूप से परिवर्तन हो सकता है) का संबंध व्यक्त करता है।

$$F = C + 2 - P$$

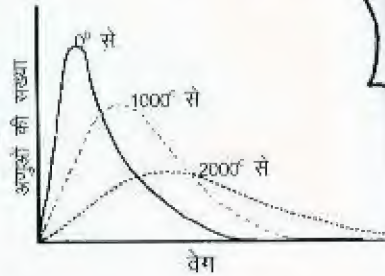
आस्ट्रिया के **लुडविग बोल्त्समान** (1844–1906) ने **सांख्यिकीय ऊष्मागतिकी** के क्षेत्र में अग्रणी योगदान दिया। इसमें ऊष्मा गतिक मात्राओं के साथ आणविक गुणों के औसत के संबंध का अध्ययन किया जाता है। और यह आणविक स्तर पर ऊष्मा गतिकी की व्याख्या प्रस्तुत करता है।



मैं जानती हूँ यह कैसे काम करता है... चावल पक गया है या नहीं – यह जानने के लिए मैं एक नमूना बर्तन के भीतर निचले भाग से लेती हूँ और दूसरा नमूना ऊपरी भाग से। अगर दोनों नमूनों में चावल पका है तो पक्की बात है कि सारा चावल पक चुका है।



सांख्यिकीय ऊष्मागतिकी से ही अधिकांश अणुगति सिद्धांत (काइनेटिक थ्योरी) का विकास हुआ। गैसीय अणुओं की गति की व्याख्या करने के लिए प्रायिकता (प्रॉबेबिलिटी) की विधियों को प्रयुक्त करने हेतु स्कॉटलैंड के भौतिकी विज्ञानी



जेम्स क्लर्क मैक्सवेल (1831–1879)

ने बोल्त्समान के साथ सफलतापूर्वक दर्शाया कि गैसों के अणुओं के वेग – आज जिसे हम मैक्सवेल-बोल्त्समान वितरण कहते हैं का अनुसरण करते हैं यानि एक प्रायिकता वितरण जिसका माध्य तथा विस्तार तापमान में वृद्धि के साथ-साथ बढ़ता जाता है।

1877। बोल्त्समान ने सांख्यिकीय ऊष्मागतिकी का सुप्रसिद्ध समीकरण प्रकाशित किया।

$$S = k_B \ln W,$$

S एंट्रॉपी है, K_B अचर और W पद्धति की अवस्था की मात्रात्मक माप है। इससे ऊष्मागतिक मात्रा एंट्रॉपी तथा सांख्यिकीय मात्रा W के आपसी संबंध का पता चलता है। सांख्यिकीय ऊष्मागतिकी का विकास तब हुआ जब पदार्थ के परमाण्विक स्वरूप को सामान्य रूप से स्वीकृति नहीं मिली थी। प्रारंभ में बोल्त्समान के सिद्धांत को आसानी से स्वीकार नहीं किया गया।

स्वाते अर्हेनियस ने 1880 के दशक के प्रारंभिक वर्षों में स्वीडन के उपसाला विश्वविद्यालय में डॉक्टरेट की उपाधि के लिए अपना कार्य करते समय विलयनों (घोल) के चालकता गुणों के आधार का पता लगाया। जब कुछ विशेष यौगिक – विद्युत् अपघट्य (जैसे लवण) – पानी में घोले जाते हैं तो उसका एक भाग धनात्मक और ऋणात्मक आयनों में वियोजित हो जाता है। आयनों से ही घोल में विद्युत् बहती है।



असंभव! विपरीत आवेश (वाज) धारी आयन घोल में अलग से हो ही नहीं सकते! स्वाते को कोई डॉक्टरेट नहीं।



हो सकता है कि सही हो। आखिर उसके सिद्धांत से प्रेरणा की तो व्याख्या होती ही है।



वैज्ञानिक समुदाय ने बाद में इसके कार्य को मान्यता प्रदान की, अर्हेनियस को "उनके विद्युत् अपघटनी वियोजन सिद्धांत के लिए 1903 में रसायन विज्ञान का नोबेल पुरस्कार दिया गया।

उन्नीसवीं सदी के अंत तक रसायन विज्ञान की अभूतपूर्व प्रगति हो चुकी थी। लेकिन, तब भी यह पता नहीं लग पाया था कि अणु आखिर कौन से बलों से जुड़े रहते हैं। इसका समाधान हुआ वैज्ञानिक विचारों की एक नई क्रांति से...

क्वांटम यांत्रिकी

इस सिद्धांत के विकास पर विचार करने से पहले, आइए कुछ प्रयोगों पर नजर डालें।

1874. कैथोड-किरण-नलिका पर प्रयोग करते समय

विलियम क्रुक्स

(1832-1919) ने देखा कि उन किरणों के सामने रखा छोटा-सा पैडल हवील घूमने लगता है।



उसने पता लगाया कि वे किरणें बल पैदा कर सकती हैं और उनमें कण होते हैं। उसने चुंबकीय क्षेत्र में उनके विक्षेपण (डिफ्लेक्शन) से पता लगा लिया कि उनमें ऋण आवेश होता है।

1897. जॉसेफ जॉन थॉमसन

(1856-1940) ने उच्च निर्वात की स्थिति में इनका अध्ययन किया ताकि इन पर अवशिष्ट गैसों के आयनीकरण से कोई बाधा न पड़े। इस तरह उसने विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्र में कैथोड किरणों के विक्षेपण का यथार्थ अध्ययन किया। इससे वह कणों के द्रव्य अनुपात और वेग का बेहतर निर्धारण कर सका।



"कैथोड किरणों के कणों में ऋण आवेश होता है और उनका द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु के $1/1845$ बराबर होता है।"



पहले कणों के उस आवेश के लिए इलैक्ट्रॉन शब्द का प्रयोग किया गया था जिससे चालकों में विद्युत् बहती है।

जी.एफ. फिट्सजेरल्ड

(1851-1901) ने प्रस्ताव रखा था कि इन कणों को इलैक्ट्रॉन कहा जाना चाहिए। और, इसे सभी ने स्वीकार कर लिया।

(पृष्ठ) मेरे विचार से इलैक्ट्रॉन कहना ही ठीक रहेगा क्योंकि हम अब तक इन्हे वही कहते रहे हैं।



ऋण आवेशित कणों के लिए प्रस्तावित नाम :

एनॉन, मोरॉन, विलिंगनॉन, विगनॉन, चिटपोंग, पिंगगोंग, सिंग अ लोंग

1895. विलियम कॉनरड रूंटगेन (1845-1923) ने एक निर्वात नलिका को काले कागज़ से ढक दिया। उस निर्वात नलिका में कैथोड किरणें पैदा हो रही थीं। उसने देखा कि नलिका के सामने रखे बेरियम प्लेटिनोसाइनाइड के क्रिस्टल चमक उठे।

इसका मतलब उनमें किसी प्रकार का विकिरण है। वह मांस आदि ठोस पदार्थों के पार हो जाता है और उससे हड्डियों जैसी कड़ी ठोस चीजों की छाया बनती है।

रूंटगेन ने इन्हें एक्स-रे का नाम दिया। तब से इन किरणों का भौतिक विज्ञान और रसायन विज्ञान में स्पेक्ट्रोमी और और चिकित्सा विज्ञान में निदान सूचक तकनीक के रूप में काफी उपयोग किया जा रहा है। सुरक्षा प्रणाली ने भी इसका उपयोग किया जाता है, जैसे हवाई अड्डों पर सामान की जांच के लिए।



1896. एंतोइन हेनरी बैक्वरेल

(1852–1908)

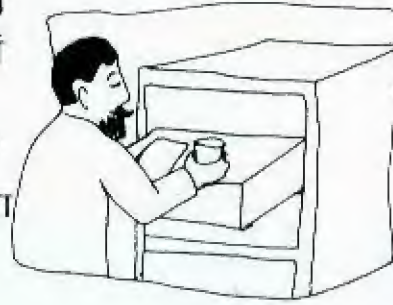
“एक्स किरणों से प्रतिदीप्ति उत्पन्न हुई। शायद सच इसके विपरीत है। यानी, प्रतिदीप्त वस्तुएं एक्स किरणें उत्पन्न करती हैं।

यूरेनियम के इन लवणों को धूप में रखने पर ये प्रतिदीप्त होते हैं। पता नहीं, धूप में रखने के बाद इनसे एक्स किरणें निकलेंगी या नहीं।

थोड़ा यूरेनियम लवण इस फोटोग्राफिक प्लेट में रख कर उसे काले कागज में लपेट करके कल के प्रयोग के लिए रख देता हूँ।”

लेकिन, पेरिस में सर्दियों के उन निरंतर बदली भरे दिनों के कारण उनकी योजना खटाई में पड़ गई।

फिर भी, कुछ दिन बाद उन्होंने फोटोग्राफिक प्लेट को डेवलप किया।



“विश्वास नहीं होता, प्लेट धुंधली हो गई है! लगता है, किन्हीं नए प्रकार की किरणों के कारण प्लेट धुंधला गई है। ये जरूर इस लवण से स्वतः निकली होंगी और ये अपारदर्शी वस्तुओं के पार निकल सकती हैं।”

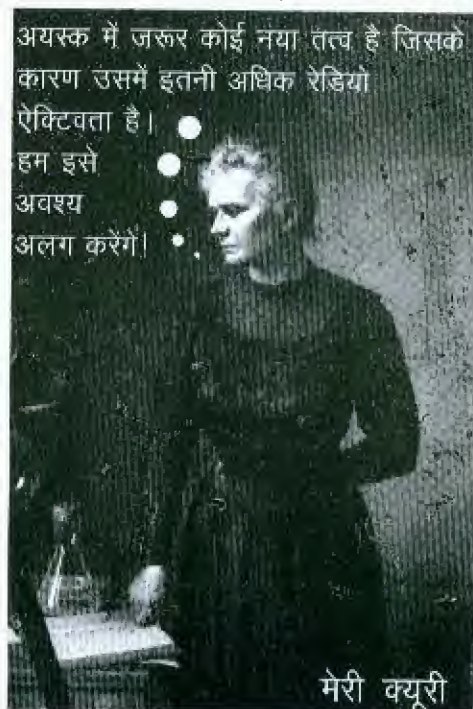
और अधिक अध्ययन करने पर पता लगा कि विकिरण रेडियम से हो रहा था।

पोलैंड की युवा वैज्ञानिक **मेरी स्कैलोदोवस्का क्यूरी** (1867-1934) और उनके पति तथा फ्रांसीसी भौतिक विज्ञानी **पियरे क्यूरी** (1859-1906) ने इस परिघटना का अध्ययन किया और इसके लिए 'रेडियो एक्टिविटी' यानी **रेडियो ऐक्टिवता** नाम सुझाया।

उन्होंने आस्ट्रियाई सरकार से बड़ी मात्रा में व्यर्थ यूरेनियम अयस्क 'पिचब्लैंड' प्राप्त किया और उससे यूरेनियम अलग करने के काम में जुट गए। जल्दी ही उन्हें पता लग गया कि यूरेनियम की अपेक्षा उस अयस्क में रेडियो ऐक्टिवता अधिक थी।



अयस्क में जरूर कोई नया तत्व है जिसके कारण उसमें इतनी अधिक रेडियो ऐक्टिवता है।
हम इसे
अवश्य
अलग करेंगे।

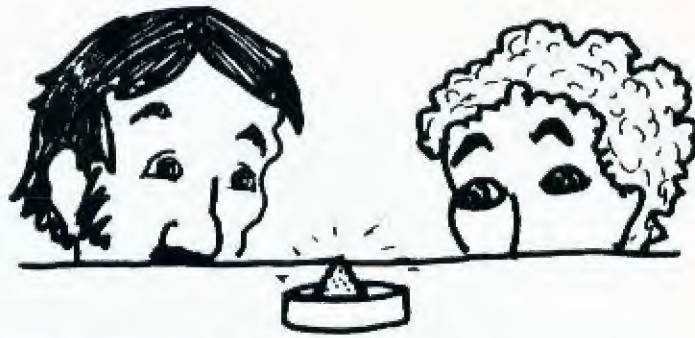


मेरी क्यूरी



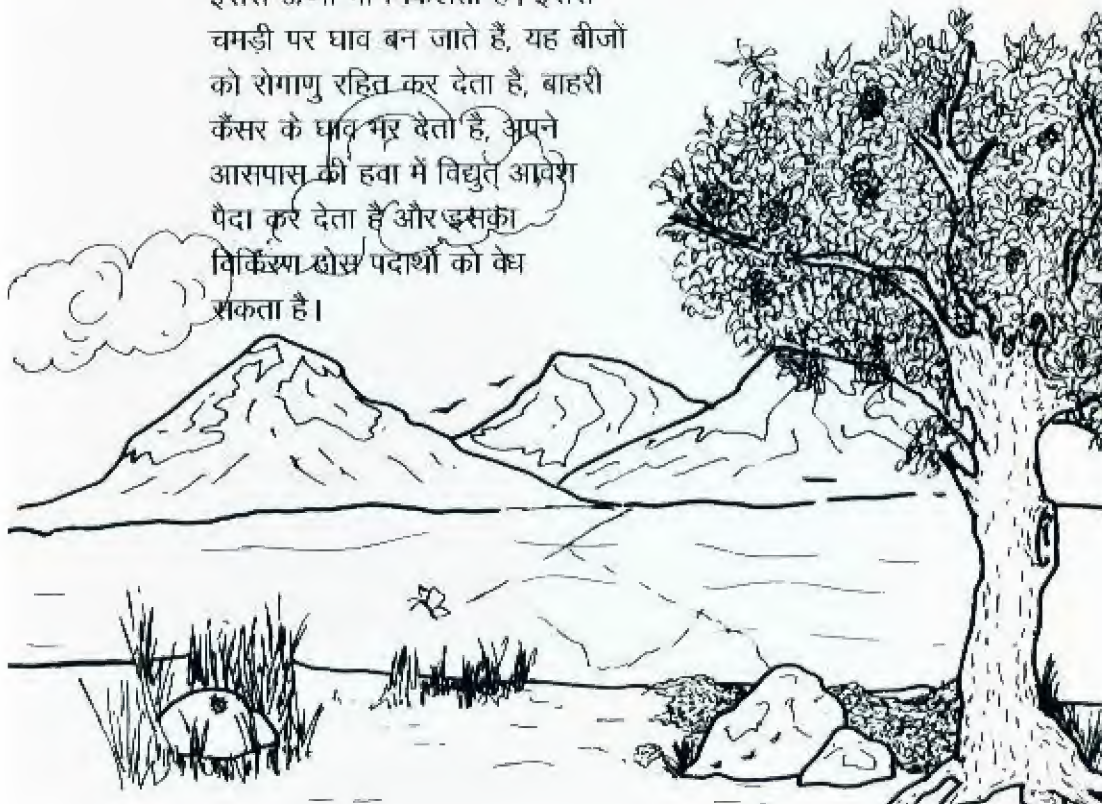
हां ठीक है, "नए तत्व के लिए मेरी सारणी में जगह है।"

मेरी और पियरे ने एक टन पिचब्लैंड अयस्क का निरंतर शोधन किया जिससे केवल कुछ ग्राम रेडियो एक्टिव पदार्थ मिला पाया। उन्हें अयस्क में दो रेडियो एक्टिव तत्वों का पता लगाने में सफलता मिली : पोलोनियम तथा रेडियम। बड़ी मेहनत से कई बार प्रभाजी क्रिस्टलन (फ्रैक्शनल क्रिस्टलाइजेशन) करने के बाद उन्हें सूक्ष्म मात्रा में रेडियम लवण मिला।



यह लवण प्रकृति का एक आश्चर्य सिद्ध हुआ! यह अंधेरे में चमकता है और इससे ऊष्मा भी निकलती है। इससे चमड़ी पर घाव बन जाते हैं, यह बीजों को रोगाणु रहित कर देता है, बाहरी कैंसर के घाव भर देता है, अपने आसपास की हवा में विद्युत आवेश पैदा कर देता है और इसका विकिरण खोस पदार्थों को केव

सकता है।



मेरी क्यूरी इन नए तत्वों के गुणों का अध्ययन करती रही और 1903 में उन्होंने डॉक्टर उपाधि के लिए रेडियो एक्टिवता पर शोध-प्रबंध लिखा। उसी वर्ष मेरी, उसके पति पियरे क्यूरी और हेनरी बैक्वेरल को भौतिकी का नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ। पियरे की मृत्यु के आठ वर्ष बाद मेरी को रसायन विज्ञान का नोबेल पुरस्कार मिला।

अर्नेस्ट रदरफोर्ड ने 1899 में यह पता लगाया कि यूरेनियम से दो प्रकार का विकिरण निकलता है। उसने इन्हें अल्फा (α) तथा बीटा (β) किरण कहा। बाद में पता लगा अल्फा किरणें हीलियम के आयन और बीटा किरणें इलेक्ट्रॉन हैं। 1900 में **पॉल वितार्ड** ने तीसरे प्रकार के विकिरण यानी गामा (γ) किरणों का पता लगाया जिन्हें उसने एक्स किरणों के समान बताया। तभी यह भी पता लगा कि यूरेनियम किसी दूसरे पदार्थ में बदलता है।



रदरफोर्ड और **फ्रेडरिक सोडी**

(1877–1956) ने रेडियो एक्टिव पदार्थों में परमाणु विघटन का सिद्धांत प्रस्तुत किया जिससे नए पदार्थ बन जाते हैं। 1909 में इसकी पुष्टि हुई और यह सिद्धांत स्थापित हो गया।



विघटन श्रृंखला		
यूरेनियम-238 ↓ α थोरियम-234 ↓ β प्रोटैक्टिनियम-234 ↓ β यूरेनियम-234 ↓ α थोरियम-230 ↓ α	रेडियम-226 ↓ α रेडॉन-222 ↓ α पोलोनियम-218 ↓ α लेड-214 ↓ β बिस्मथ-214 ↓ β	पोलोनियम-214 ↓ α ↓ α लेड-210 ↓ β बिस्मथ-210 ↓ β पोलोनियम-210 ↓ α लेड-206

अब सवाल उठा कि परमाणु की संरचना कैसी है। यानी, परमाणु में इलैक्ट्रानों और धन आयनों के विन्यास का पता लगाने के प्रयास किए गए।

जे.जे. थॉमसन ने कहा,
“परमाणु में एक समान धन आवेश होता है जिसमें इलैक्ट्रॉन ठीक वैसे ही स्थित होते हैं जैसे पुडिंग में प्लम।”



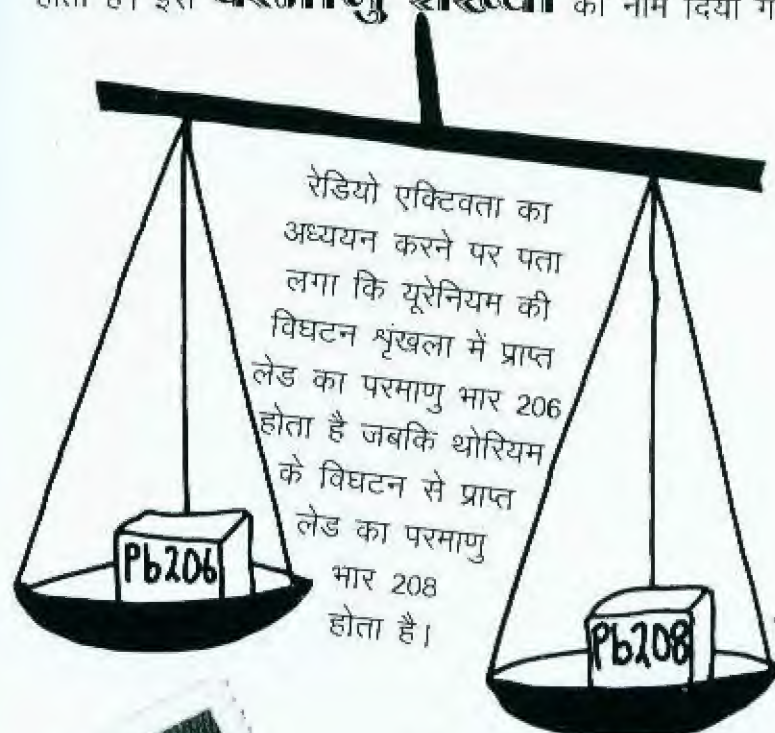
रदरफोर्ड और उसके विद्यार्थियों ने एक प्रयोग किया, जिसमें उन्होंने सोने की एक पतली परत पर रेडियम से उत्सर्जित अल्फा (α) कणों की बौछार डाली और उन कणों के प्रक्षेप-पथ का पता लगाया।

बौछार में से अधिकांश अल्फा (α) कण तो सीधे पार निकल गए, लेकिन इन अत्यधिक उच्च ऊर्जा कणों में से कुछ कण एक तीखे कोण से मुड़ गए, मानों वे किसी चीज से टकरा गए हों। रदरफोर्ड ने इसकी व्याख्या करने के लिए **1911** में अपने सिद्धांत की घोषणा की।



“परमाणु में एक भारी लेकिन अपेक्षाकृत छोटा नाभिक होता है जिसमें धन आवेश वाले कण तो पिंड रूप में जमा रहते हैं और उसके बाहर की ओर उतनी ही संख्या में ऋण आवेश वाले इलैक्ट्रॉन चक्कर काटते रहते हैं।”

नाभिक का आवेश इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर और विपरीत होता है। इसे **परमाणु संख्या** का नाम दिया गया।



“किसी तत्व के परमाणु भार की तुलना में परमाणु संख्या अधिक मूलभूत होती है। जिन तत्वों की परमाणु संख्या तो समान होती है लेकिन उनका परमाणु भार भिन्न होता है, उन्हें समस्थानिक यानी **आइसोटोप** कहते हैं। यूनानी भाषा में आइसोटोप का तात्पर्य उन तत्वों से है जो आवर्त सारणी में ‘एक ही स्थान’ पर होते हैं।”

सोडी को 1921 में रसायन विज्ञान का नोबेल पुरस्कार मिला। तब वे विज्ञान में राजनैतिक अर्थ तंत्र के दखल से काफी दुःखी हो चुके थे। इसके कारण वे अर्थशास्त्र के अध्ययन की ओर उन्मुख हुए। आधुनिक अर्थशास्त्र में रूढ़ि विरोधी परंपराओं में धन तथा समाज के परस्पर संबंध के बारे में उनके विचार महत्वपूर्ण माने जाते हैं।

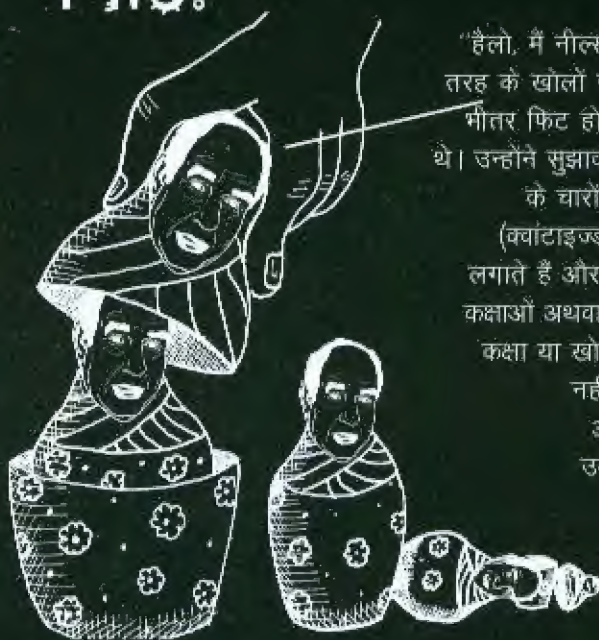
परमाणु संरचना पर पुनर्विचार...



रदरफोर्ड की परमाणु संरचना एक सूक्ष्म सौरमंडल के समान थी। इस संरचना की एक समस्या यह थी कि त्वरित आवेशित कणों से विकिरण उत्सर्जित होता है, इसलिए नाभिक का चक्कर लगा रहा इलेक्ट्रॉन ऊर्जा खो देगा और नाभिक में समा जाएगा। यानी, परमाणु स्थाई नहीं रहेगा।

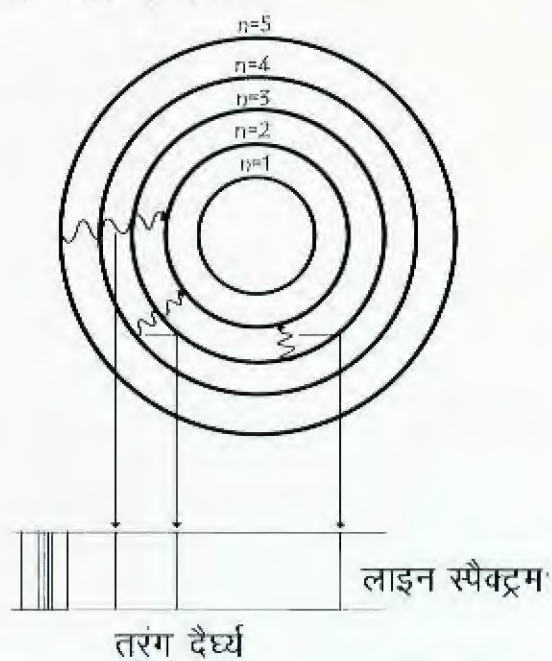
कोपनहेगन के **नील्स बोर** (1885–1962) ने **मैक्स प्लांक** (1858–1948) द्वारा प्रस्तुत क्वांटीकरण के विचार के आधार पर इसकी व्याख्या की।

1913.



“हेलो, मैं नील्स बोर गुड़िया हूँ। मैं एक ही तरह के खोलों से बनी हूँ जो एक-दूसरे के भीतर फिट हो जाते हैं। नील्स बहुत चुतुर थे। उन्होंने सुझाव दिया कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर क्वांटित कोणीय संवेग (क्वांटाइज्ड ऐंगुलर मूमेंटम) से चक्कर लगाते हैं और इसीलिए केवल कुछ विशेष कक्षाओं अथवा खोलों में ही घूमते हैं। ऐसी कक्षा या खोल में इलेक्ट्रॉन का विकिरण नहीं होता। इलेक्ट्रॉन ऊर्जा का अवशोषण करके अथवा ऊर्जा उत्सर्जित करके खोलों में जंप कर सकते हैं। तत्व के रासायनिक गुण सबसे बाहरी खोल से निर्धारित होते हैं।

बोर माडल से परमाणुओं के कुछ गुणों, विशेष रूप से उनके प्रेक्षित स्पेक्ट्रा की सफलतापूर्वक व्याख्या हो सकी।



1916. जी.एन. लूइस

(1875–1946) और **वाल्थर कोसेल**

(1888–1956) ने भी रासायनिक बंधुता (एफिनिटी) अथवा बंधन की व्याख्या के लिए बोर मॉडल का उपयोग किया।

“अकार्बनिक आयन विद्युत् आवेश सहित

स्थाई अष्टक को पूर्ण करने के

लिए बाहरी शैल के इलेक्ट्रॉनों के लाम

या हानि से बने। ये आयन स्थिर विद्युत्

बल से आपस में बंधे हुए थे जिससे

आयनी बंधन सहित ध्रुवीय यौगिक

बने। अ-ध्रुवी लक्षण वाले कार्बनिक

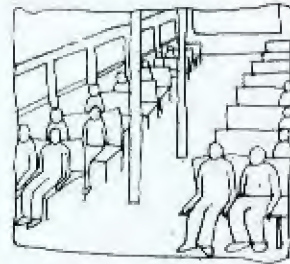
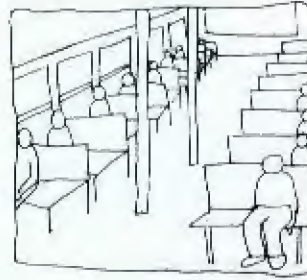
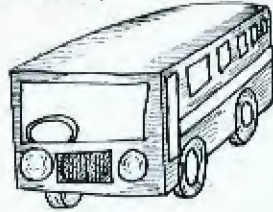
यौगिक सहसंयोजक बंधन में एक जोड़ी

इलेक्ट्रॉनों के साथ बंधे रहते हैं।



1925. वुल्फगॅंग पाउली (1900–1958) ने अपने अपवर्जन

(एक्सक्लूजन) नियम की घोषणा की जिसके अनुसार प्रत्येक ऊर्जा अवस्था या कक्षक में केवल दो इलेक्ट्रॉन रह सकते हैं। यानि, सारे इलेक्ट्रॉन यों ही न्यून ऊर्जा अवस्था में नहीं आ सकते। ऊर्जा अवस्थाओं में इलेक्ट्रॉनों के विन्यास का आवर्त सारणी से सहसंबंध दर्शाया जा सकता है।



जिस प्रकार खाली बस में यात्री सीटों पर बैठते हैं, उसी प्रकार इलेक्ट्रॉन ऊर्जा अवस्थाओं में स्थित रहते हैं। प्रायः बस के अगले भाग से शुरू करके खिड़की की ओर की सीटें जल्दी भर जाती हैं। बस में खिड़की के पास की सीटें भर जाने पर, अगले भाग से ही जोड़ी में बैठना शुरू हो जाता है। इसी प्रकार, किसी ऊर्जा अवस्था में इलेक्ट्रॉन अकेले रहना पसंद करते हैं। लेकिन उच्च ऊर्जा अवस्थाओं में वे जोड़ी बनाना शुरू कर देते हैं।

1924. लुई दे ब्रोग्ली (1892–1987) ने यह विचार

प्रस्तुत किया कि कुछ विशेष परिस्थितियों में पदार्थ के कण तरंग के समान गुण प्रदर्शित करते हैं, ठीक वैसे ही जैसे विकिरण में कणों के समान गुणों का प्रदर्शन होता है।

$$h = \text{प्लांक नियतांक} \quad \lambda = \frac{h}{mv}$$

कण $\xrightarrow{\text{द्रव्यमान} = m \text{ वेग} = v}$

तरंग

1925. इतिन श्रोडिगर

(1887–1961) और

वोर्नर हीज़नबर्ख (1901–1976)

ने अपने-अपने स्तर पर स्वतंत्र रूप से *क्वांटम सिद्धांत* प्रस्तुत किया, जिससे इलैक्ट्रॉनों तथा परमाणुओं के व्यवहार और अणुओं में परमाणुओं के आबंधन (बॉन्डिंग) की व्याख्या करना संभव हो गया।

परमाणुओं तथा अणुओं का वर्णन **तरंग फलन** (वेव फंक्शन) से किया जा सकता है, जिसकी गणना गणित से की जा सकती है और जो इस पद्धति को पूर्णतः विशिष्ट बनाता है।



1000 शिलिंग का एक पुराना आस्ट्रियाई नोट, जिस पर श्रोडिगर की तस्वीर बनी है।

हीज़नबर्ख का सूत्रीकरण आव्यूह (मैट्रिक्स) बीजगणित पर आधारित था, लेकिन उसे तरंग यांत्रिकी सूत्रीकरण के समतुल्य दिखाया गया।



1926.

“किसी कण के तरंग फलन की भौतिक व्याख्या यह है कि एक विशेष बिंदु पर इसका वर्ग कण के वहां होने का प्रायिकता घनत्व है।”

हमने पिछले पृष्ठों में क्वांटम यांत्रिकी के सूत्रीकरण के बारे में पढ़ा।

क्वांटम यांत्रिकी

आज रसायन विज्ञान को समझने की सबसे बड़ी कुंजी है। इससे आवर्त सारणी की संरचना, आणविक संरचना, आबंधन (बॉन्डिंग) की आसानी से व्याख्या की जा सकती है। इस प्रकार यह सिद्धांत रसायन विज्ञान की विभिन्न शाखाओं को आपस में जोड़ता है।

क्वांटम यांत्रिकी अभिगृहीत (पॉस्ट्युलेट) अथवा स्वयंसिद्धि (एक्सिऑम) के सेट पर आधारित है, जैसे क्लासिकी यांत्रिकी (मैकेनिक्स) न्यूटन के नियमों पर आधारित है। फिर भी, क्वांटम यांत्रिकी की स्वयंसिद्धियां क्लासिकी यांत्रिकी की अपेक्षा कम अंतर्ज्ञानात्मक हैं और यहां हम इनकी विस्तार से चर्चा नहीं करेंगे। इस सिद्धांत का परीक्षण इसी बात से हो जाता है कि इससे प्रेक्षण (आब्जर्वेशन) की व्याख्या भी की जा सकती है और उसका पूर्वानुमान भी लगाया जा सकता है।



1930

का दशक। अणुओं की संरचना और उनके गुणों को समझने के लिए रसायन पद्धति में क्वांटम यांत्रिकी का सहारा लिया गया। यही **क्वांटम रासायनिकी** है। **लाइन्स पॉलिंग** (1901–1994) क्वांटम रासायनिकी के प्रारंभिक समर्थकों में थे। उन्होंने आबंधन (बॉन्डिंग) की व्याख्या करने के लिए एक मॉडल प्रस्तुत किया जो **संयोजकता-आबंध** (वैलेंस-बॉन्ड) कहलाता है। उनकी लगभग जादुई शीर्षक वाली पुस्तक *द नेचर ऑफ द कौमिकल बॉन्ड* ने उस काल में व्यापक प्रभाव डाला। आबंधन की एक वैकल्पिक पद्धति **फ्रीडरिख हुंड** (1896–1997) तथा **रॉबर्ट सुतिफेन** (1896–1986) ने प्रस्तुत की जिसे आणविक-कक्षीय पद्धति कहा जाता है। ये दोनों एक-दूसरे की पूरक पद्धतियाँ हैं और **रासायनिक आबंधन** को समझने में अपने-अपने ढंग से मदद करती हैं।

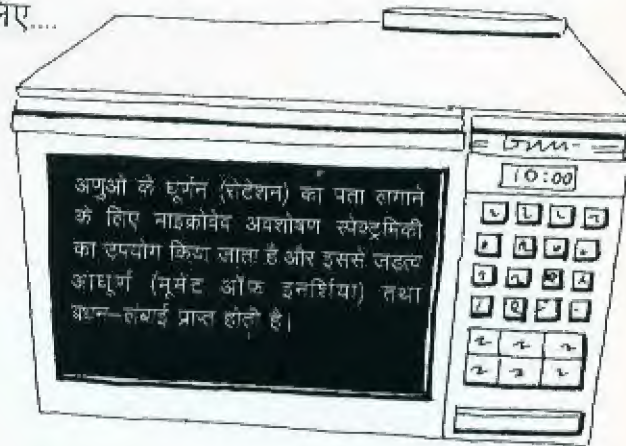
1930 के दशक में **डग्लस हाद्री** (1897–1958) और **व्लादिमीर फॉक** (1898–1974) ने अणु के तरंग फलन (वेव फंक्शन) की औसत गणना करने के लिए एक तकनीक प्रस्तुत की।



परमाणु अथवा अणुओं को किसी प्रकाशित सूक्ष्मदर्शी (माइक्रोस्कोप) से देखना संभव नहीं है। आणविक स्तर पर पदार्थों की संरचना और उनके गुणों को देखने के लिए परमाणुओं अथवा अणुओं के साथ प्रकाश की पारस्परिक क्रिया अथवा विद्युत् चुंबकीय विकिरण का उपयोग किया जाता है। अध्ययन की यह शाखा **स्पेक्ट्रम विज्ञान** अथवा स्पेक्ट्रमिकी कहलाती है।

1859 में ज्वाला में पहली बार सोडियम और पोटैशियम के स्पेक्ट्रमी विश्लेषण के बाद स्पेक्ट्रमी विश्लेषण की अनेक विधियों का विकास किया जा चुका है जिसमें विभिन्न प्रक्रियाओं का पता लगाने के लिए विद्युत् चुंबकीय स्पेक्ट्रम (विभिन्न आवृत्तियों का प्रकाश) के विभिन्न भागों का उपयोग किया जाता है।

उदाहरण के लिए....



चंद्रशेखर वैकट रामन

(1888-1970) की खोज पर

आधारित **रामन स्पेक्ट्रमिकी**

का उपयोग अणुओं के कंपन

तथा घूर्णन के अध्ययन के लिए

किया जाता है। अणु

के कंपन व्यवहार से

उसके बंधनों के कड़ेपन

या दृढ़ता की जानकारी

मिल जाती है।



नाभिकीय चुंबकीय अनुनाद (एन एम आर) स्पेक्ट्रमिकी से अणु में परमाणु के वातावरण तथा उसके आसपास के परमाणुओं के विन्यास की जानकारी मिलती है।

स्पेक्ट्रमिकी से न केवल आणविक स्तर पर आधारभूत रसायनिकी का पता लगता है बल्कि नए यौगिकों का संश्लेषण अथवा नए पदार्थों को डिज़ाइन करने वाले वैज्ञानिकों को इसके रूप में एक बहुमूल्य औज़ार मिल जाता है, जिससे वे अपने पदार्थों को देख सकते हैं।



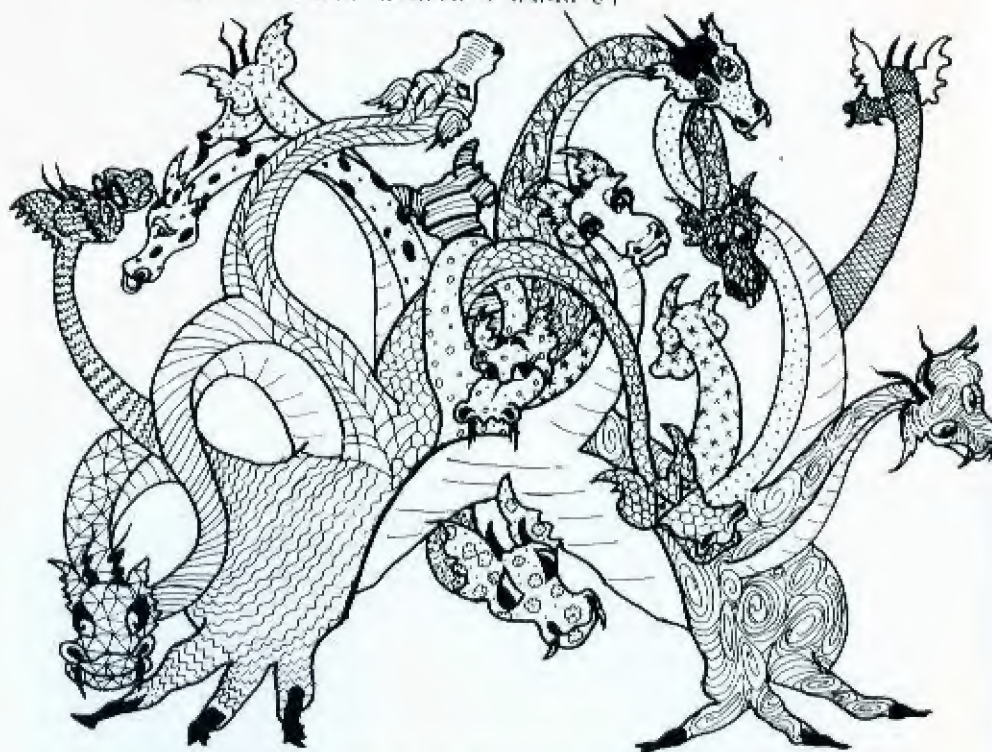
स्पेक्ट्रमिकी का उपयोग विश्लेषिक रसायन विज्ञानी औषधीय, पेट्रोलियम और उपभोक्ता उत्पाद उद्योगों में गुणवत्ता के मूल्यांकन के लिए भी करते हैं।

इसके अतिरिक्त, चिकित्सा विज्ञान में भी स्पेक्ट्रमिकी तकनीक का काफी उपयोग किया जाता है। जैसे, चुंबकीय अनुनाद चित्रण यानी मैग्नेटि रिजोनेंस इमेजिंग (एम आर आई) नाभिकीय चुंबकीय अनुनाद (एन एम आर) के सिद्धांत पर ही काम करती है। इससे मस्तिष्क में ट्यूमर का पता लगाया जाता है। वैज्ञानिक मस्तिष्क की क्रियाशीलता का पता लगाने के लिए भी इसका उपयोग करते हैं।



हमने 20वीं सदी के प्रारंभ में रसायन और भौतिक विज्ञान के विकास के निकट संबंध को देखा। रसायन विज्ञान की अन्य विषयों की सीमाओं में पहुंचने और विशेष कर भौतिकी के अलावा जीव विज्ञान तथा पदार्थ विज्ञान जैसे अन्य विषयों में दखल की प्रवृत्ति बीसवीं सदी भर चलती रही।

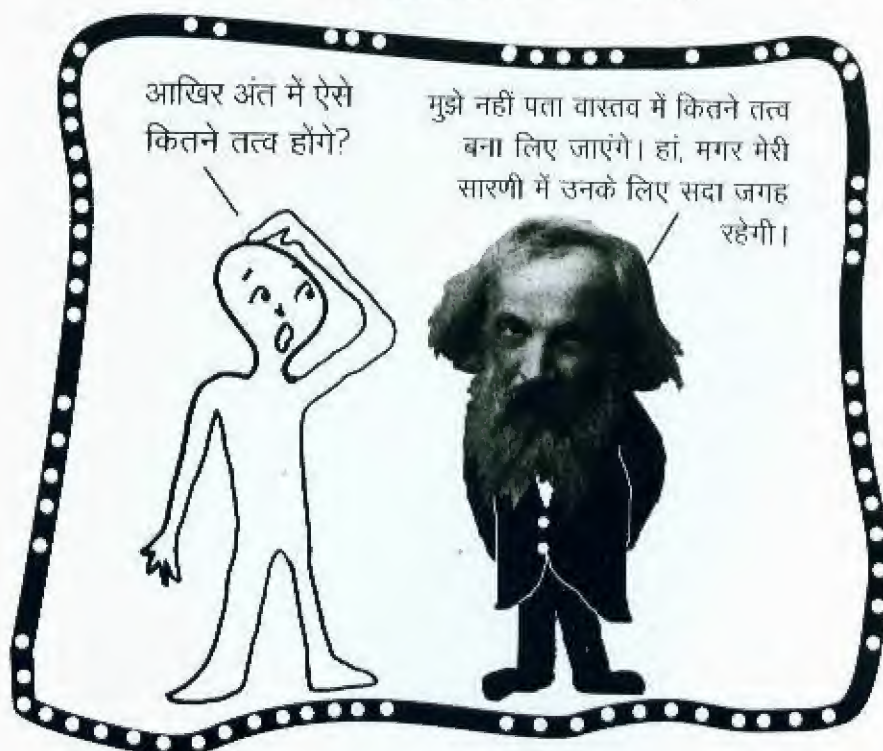
"पहचानते हैं मुझे? मैं वही रसायन-राक्षस हूँ जिसे आपने 19वीं सदी में देखा। अब तो एक सदी से भी अधिक समय बीत चुका है - इस बीच मेरे कई और सिर निकल आए हैं और मैं भी ज्यादा जटिल हो गया हूँ। ऐसा इसलिए, क्योंकि रसायन विज्ञान आज अनेक विषयों से संबंधित है, और ये सारे विषय भी आपस में संबंधित हैं।"



हाल के वर्षों में रसायन अनुसंधान की प्रगति और विविधता बहुत बढ़ गई है। अगले पृष्ठों में हम इनमें से केवल कुछ क्षेत्रों के नमूने प्रस्तुत करेंगे।

20वीं सदी में आवर्त सारणी में कई नए रासायनिक तत्व, विशेष रूप से यूरेनियम से भारी तत्व शामिल हुए। पृथ्वी पर प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले रासायनिक तत्वों में यूरेनियम की परमाणु संख्या (92) सबसे बड़ी है। **आइरीन तथा फ्रैंडरिक जोलियो-तयूरी** द्वारा 1934 में कृत्रिम रेडियो एक्टिवता की खोज के बाद यूरेनियम से परे (परा यूरेनियम तत्व) कृत्रिम तत्वों के संश्लेषण के प्रयास प्रारंभ हुए। उन्होंने हल्के तत्वों पर अल्फा कणों की बौछार डाली और इस तरह ज्ञात लेकिन प्राकृतिक रूप से न पाए जाने वाले तत्वों के रेडियो समस्थानिक तैयार किए। कणों की बौछार के इस विचार का उपयोग कृत्रिम परा-यूरेनियम तत्वों को बनाने में किया गया। ऐसा पहला कृत्रिम तत्व नेप्चूनियम था, जो सन् 1939 में बनाया गया।

इसके तुरंत बाद 1941 में **ग्लेन सीबोर्ग** (1912–1999) तथा उनके सहयोगियों ने प्लूटोनियम (तत्व 94) बनाया और फिर नौ परा-यूरेनियम तत्वों की खोज कर डाली। उन्होंने 1997 में जो अंतिम तत्व 106 खोजा, उसका नाम उन्हीं के नाम पर **सीबोर्वियम** रख दिया गया। वर्ष 2006 में तत्व 118 इस तरह तैयार किया गया नवीनतम तत्व है। इसका अस्थायी नाम **अनअनोवियम** रखा गया है।

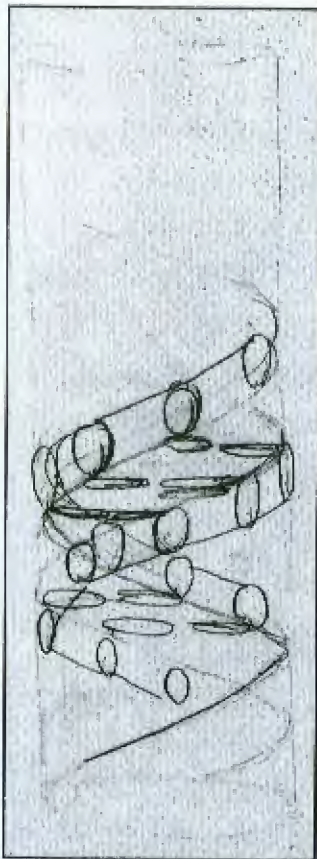
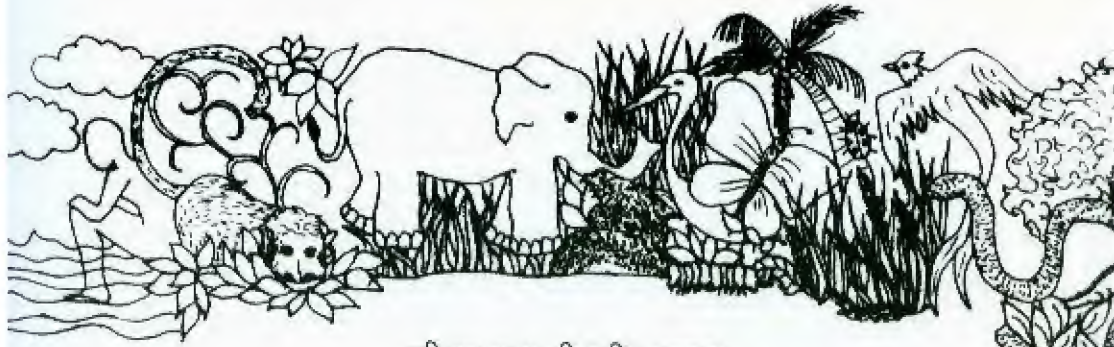


बीसवीं सदी में **जीवन के रसायनिक** रहस्यों के बारे में तेजी से ज्ञान की वृद्धि हुई।

क्वांटम रासायनिकी के अग्रदूत **लाइनस पॉलिंग** का बहुमुखी व्यक्तित्व था। उन्होंने एमिनो अम्लों की आणविक संरचना का अध्ययन किया, जो प्रोटीनों का निर्माण करते हैं और 1940 के दशक में बाद के वर्षों में अनेक प्रोटीनों के मूलभूत संरचनात्मक पैटर्न निर्धारित किए जो ए-हेलिक्स कहलाते हैं। सन् 1949 में उन्हें रसायन विज्ञान का नोबेल पुरस्कार प्रदान किया गया।

पॉलिंग शांति के सक्रिय समर्थक थे। सन् 1958 में उन्होंने अनेक देशों के 11,000 वैज्ञानिकों द्वारा हस्ताक्षरित एक याचिका संयुक्त राष्ट्र को सौंपी, जिसमें अगले नाभिकीय परीक्षणों का विरोध किया गया था। नाभिकीय हथियारों से संपन्न तीन देशों – अमेरिका, यूके और सोवियत संघ द्वारा एक संधि पर हस्ताक्षर करने से उनके प्रयासों को समर्थन मिला। सन् 1962 में पॉलिंग को शांति के लिए एक और नोबेल पुरस्कार मिला।



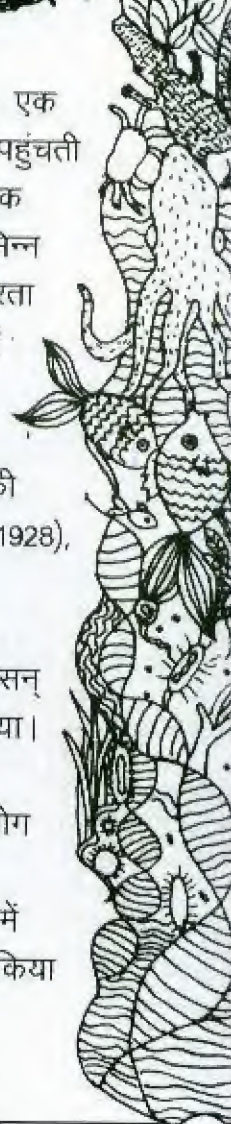


क्रैसिस क्रिक द्वारा बनाया रेखांकन, जिसमें उन्होंने डीएनए अणु के बारे में अपना विचार चित्रित किया है।
सन् 1953

जीवन प्रणाली की सूचना

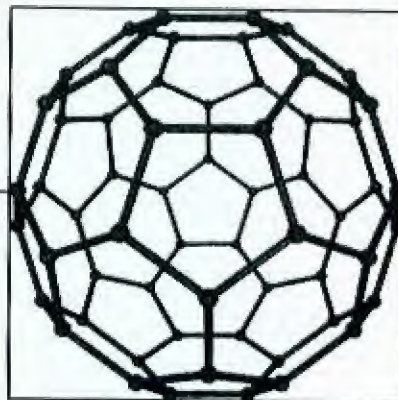
डिऑक्सीराइबोन्यूक्लीक अम्ल (**डीएनए**) एक बहुलक (पॉलीमर) से भावी पीढ़ियों में पहुँचती है। इसी प्रकार के अन्य राइबोन्यूक्लीक अम्लों (**आरएनए**) के साथ **डीएनए** विभिन्न प्रकार की प्रोटीनों का भी संश्लेषण करता है, जिनकी कोशिका को जीवन क्रियाएं चलाने के लिए इनकी आवश्यकता पड़ती है। **डीएनए** के रासायनिक संघटन तथा इसके ऐक्स-रे क्रिस्टलिकी छायाचित्रों से **जेम्स वाटसन** (जन्म 1928), **फ्रैंसिस क्रिक** (1916–2004), **मॉरिस विल्किंस** (1916–2004) तथा **रोजालिंड फ्रैंकलिन** (1920–1958) ने सन् 1953 में इसकी संरचना का पता लगाया।

विशेष रूप से चिकित्सा में इसके उपयोग के कारण **डीएनए**, प्रोटीनों और अन्य जैव-अणुओं के विज्ञान ने बड़ी संख्या में रासायन विज्ञानियों का ध्यान आकर्षित किया है।



रसायन विज्ञानियों ने प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले अनेक अणुओं का प्रयोगशाला में संश्लेषण कर लिया है। अब तक इस तरह संश्लेषित किए गए प्राकृतिक यौगिकों में सबसे जटिल है विटामिन बी₁₂। **रॉबर्ट बर्न्स गुडवार्ड** (1917–1979) ने **अल्बर्ट डशेवमोजर** (1925–) और लगभग एक सौ विद्यार्थियों तथा पोस्ट डॉक्टोरल कार्यकर्ताओं के सहयोग से इस अणु के संश्लेषण के लिए कई साल तक काम किया। इसके संश्लेषण में कम से कम सौ चरण होते हैं। इसे सन् 1971 में पूरा किया जा सका। कार्बनिक रसायन विज्ञान के क्षेत्र में इसे मील का पत्थर माना जाता है।

सन् 1985 में **राबर्ट कर्ल** (1933–), **हेरोल्ड कोटो** (1939–) और **रिचर्ड स्माली** (1943–) ने कार्बन के एक नए स्वरूप की सनसनीखेज खोज की। कार्बन के इस स्थाई अणु में कार्बन के साठ परमाणुओं का विन्यास इस तरह था जैसे वे फुटबाल के समान खाली खोल में लगे हों। एक तो इसके आकार और दूसरे वास्तुकार बकमिस्टर फुलर द्वारा आविष्कृत 'भूगणितीय गुंबद' (जियोडेसिक डोम) के कारण उन्होंने कार्बन के इस नए अणु का नाम **बकमिस्टर फुलेरीन** रख दिया। फुलेरीन अणुओं की संरचना बहुत सुंदर होती है और इनकी खोज के समय से ही इनको समझने के लिए काफी अनुसंधान किया गया है।



बकमिस्टर फुलेरीन की संरचना

सन् 1981 में सुरंगन यानी टनलिंग के क्वांटम यांत्रिक प्रभाव के आधार पर **गेर्ड बिनिग** (1947-) तथा हेनरिख रोहरर (1933-) द्वारा **स्कोनिंग टनलिंग माइक्रोस्कोप** (एस टी एम) का आविष्कार यांत्रिक विज्ञान के क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण उपलब्धि सिद्ध हुई। यह यंत्र एक वैद्युत-सूची (प्रोब) की सूक्ष्म जांच करता है जो एक तेज शलाका या सुई के समान होती है। इसे जब सतह पर चलाया जाता है तो यंत्र उस सूची के सिरे और सतह के बीच प्रवाहित होने वाली एक हल्की विद्युत् धारा का पता लगा लेती है। शलाका या सूची इतनी नुकीली होती है कि उसके सिरे पर केवल एक परमाणु होता है!

विद्युत् धारा के आधार पर पदार्थों की सतह का परिशुद्धता के साथ मानचित्रण करना संभव हो जाता है। यानी इतना कि उसके एक-एक परमाणु को पहचाना जा सकता है।

किसी अभिक्रिया के दौरान आणविक स्तर पर रासायनिक क्रियाएं तेजी से होती हैं। इसका पता लगाने के लिए 1980 के दशक में एक तकनीक का विकास किया गया जिसमें

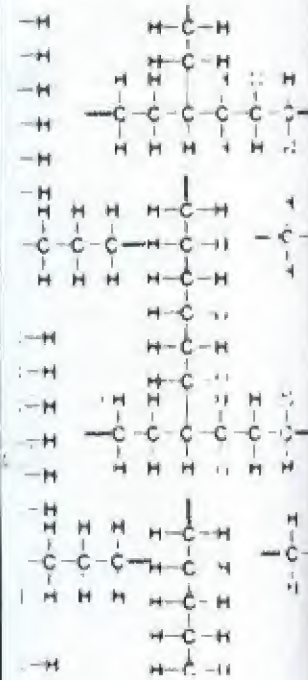
अरुमाद ज़ेवेल (1946) ने अग्रणी भूमिका निभाई। इसमें प्रकाश की एक फ़ैम्टोसेकेंड (10^{-15} सेकेंड) अवधि की तेज क्षणिक दमक का स्पेक्ट्रमी विश्लेषण किया जाता है। इसी समय मापक्रम में रासायनिक बंधन बनते या टूटते हैं। इस तकनीक तथा संबद्ध सैद्धांतिक विधियों का उपयोग करके हम अभिक्रियाओं के बारे में अभूतपूर्व रूप से विस्तृत जानकारी प्राप्त कर सकते हैं।

इसे यों समझ लीजिए कि अभिक्रिया के दौरान विश्व के सबसे तेज चलने वाले कैमरे से अणुओं के फोटो खींच कर उस संक्रमण स्थिति के साफ चित्र प्राप्त किए जाते हैं।



रसायन विज्ञान के औद्योगिक उपयोग के कारण एक व्यापारिक क्रांति हो गई। आज तरह-तरह के प्लास्टिकों, रबर, विशेष प्रकार की गुण-संपन्न मिश्र धातुओं, औद्योगिक प्रक्रियाओं में तेजी लाने वाले उत्प्रेरकों तथा इलेक्ट्रॉनिक औद्योगिकी के लिए नए पदार्थों का पहले की तुलना में कहीं अधिक उपयोग और आविष्कार किया जा रहा है।

आइए, उदाहरण के लिए औद्योगिक उत्पादों में से बस एक उत्पाद — संश्लेषित पॉलीमर यानी प्लास्टिक पर ही नजर डालें। प्रथम पूर्ण रूप से संश्लेषित प्लास्टिक बेकेलाइट का आविष्कार **लियो एच. बेकलैंड** (1863-1944) ने 1907 में किया था। वह एक कड़ा, हल्का पदार्थ था जिसका बालों के ब्रश से लेकर कढ़ाई का हैंडिल बनाने तक में उपयोग किया गया। फिर **वालेस ड्यूम कैरोथर्स** (1896-1937) ने एक नए पॉलीएनाइड रेश का विकास किया जिसे 1938 में 'नायलॉन' के नाम से बाजार में उतारा गया। 1950 के दशक के प्रारंभिक वर्षों में पॉलीमरों के संश्लेषण की एक नई विधि की खोज हुई, जिससे सामान्य प्रकार के तमाम प्लास्टिक यहाँ तक कि उच्च-घनत्व की पॉलिएथिलीन तथा पॉलिप्रोपाइलीन बनाना भी संभव हो गया। इसका विकास स्वतंत्र रूप से **कार्ल जीगलर** (1898-1973) तथा **गियलिओ नादटा** (1903-1979) सहित अनेक वैज्ञानिकों ने किया। अधिकांश पॉलीमर विद्युत्-रोधी पदार्थ हैं लेकिन सन् 1970 के दशक के अंतिम वर्षों में यह पता लगा कि पॉलीमर विद्युत्-सुचालक भी हो सकते हैं। विद्युत् सुचालक पॉलीमर नई आशा जगाते हैं क्योंकि वे धातुओं की तुलना में अधिक हल्के और शायद सस्ते भी हैं। ये भविष्य में सुचालकों के रूप में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं।



रसायन विज्ञान ने हमारे भौतिक जीवन को पहले की तुलना में कहीं अधिक आरामदेह बना दिया है, लेकिन बड़े पैमाने पर चल रहे उद्योगों और रसायनों का हमारे **पर्यावरण पर भी प्रभाव पड़ा है।**

इसका उदाहरण है क्लोरोफ्लोरोकार्बन (सी एफ सी) जिनका विकास रेफ्रिजरेटरों में अमोनिया के विकल्प के रूप में किया गया। साथ ही, इनका उपयोग स्प्रे कैंनों में फुहार छोड़ने के लिए भी किया जाता है।

सी एफ सी अक्रिय होते हैं और ज्यों के त्यों वायुमंडल की ऊपरी सतह में पहुंच जाते हैं। वहां सूर्य से आने वाली पराबैंगनी किरणें इन्हें तोड़ देती हैं जिससे क्लोरीन के परमाणु बन जाते हैं। क्लोरीन ओजोन के साथ जुड़ जाती है। इस तरह पराबैंगनी किरणों से पृथ्वी की रक्षा करने वाली ओजोन की परत नष्ट होती है। सन् 1990 के दशक से **सी एफ सी** को धीरे-धीरे हटाने की कोशिश की जा रही है। लेकिन, इस अनुभव ने हमें यह ज्ञात दिया है कि एक सामान्य से पदार्थ के व्यापक इस्तेमाल का क्या अप्रत्याशित परिणाम हो सकता है।

हमारी जरूरतों को पूरा करते हुए भी पर्यावरण को कैसे बचाया जा सकता है — यह रसायन विज्ञान के साथ ही संपूर्ण विज्ञान के लिए भी एक सुअवसर प्रदान करता है। हमने देखा, रसायन विज्ञान का अन्य विषयों के साथ भी घनिष्ठ संबंध है। हमें आशा करनी चाहिए कि बड़े परिप्रेक्ष में इन मुद्दों पर विचार करने से हम इन चुनौतियों का सामना कर सकेंगे। यह रसायन विज्ञान की कहानी का भावी अध्याय होगा। इसके लिए हमें सजग रह कर प्रतीक्षा करनी होगी।



तत्वों की आवर्त सारणी

दमित्री मेंडेलीफ (1834-1907)

H

हाइड्रोजन

1

किसी रसायनविज्ञानी, दमित्री मेंडेलीफ ने सबसे पहले पता लगाया कि जब तत्वों को उनकी परमाणु-संरचना के क्रम में रखा जाए तो उनके गुणों की नियमित (आवर्त) पुनरावृत्ति दिखाई देती है। उन्होंने अपनी इस खोज के आधार पर एक आवर्त सारणी बनाई, जिसे अब आधुनिक रसायन विज्ञान का मेरुदंड माना जाता है।

मेंडेलीफ की आवर्त सारणी की सर्वोच्च उपलब्धि यह है कि उन्होंने ऐसे तत्वों की भविष्यवाणी कर दी जिनकी तब तक खोज ही नहीं हुई थी। उन्होंने जब 1869 में तत्वों का वर्गीकरण प्रकाशित किया, तब गैलियम, जर्मेनियम और स्कैंडियम के बारे में कोई जानकारी भी नहीं थी।

Li

लिथियम

3

Be

बेरीलियम

4

मेंडेलीफ ने उन तत्वों के लिए अपनी सारणी में खाली स्थान छोड़ दिए और यहां तक कि उनकी परमाणु संरचना तक रासायनिक गुणों तक की भविष्यवाणी कर दी। उसके छह वर्ष बाद गैलियम की खोज हुई और मेंडेलीफ की भविष्यवाणी सही सिद्ध हुई। बाद में अन्य तत्वों की खोज हुई और उसके रासायनिक गुण मेंडेलीफ की भविष्यवाणी के अनुरूप ही पाए गए।

यह विलक्षण व्यक्ति, जो अपने 17 भाई-बहनों में सबसे छोटा था, वैज्ञानिक समाज को तत्वों के वर्गीकरण की एक ऐसी पद्धति दे गया जो तभी से रसायन विज्ञान के शिक्षण तथा नए तत्वों का पूर्वानुमान लगाने की आधारशिला बन गई।

Na

सोडियम

11

Mg

मैग्नीशियम

12

सन् 1855 में तत्व संख्या 101 का नामकरण उनके नाम पर मेंडेलेवियम (Md) किया गया। इस विलक्षण सारणी को मूल रूप में साउथ अफ्रीकन एजेंसी फॉर साइंस एंड टेक्नोलॉजी एडवांसमेंट (सास्ता) ने बनाया, जिसमें तत्वों को उनके दैनिक उपयोग की किसी एक वस्तु के साथ दिखाया गया है। साथ ही इसमें तत्व के संकेताक्षर, नाम तथा परमाणु संख्या भी दी गई है।

पुनर्विचित्रांकन - डॉ. विदुसा यदव

<div> <div>K</div> <div>पोटेशियम</div> <div>19</div> <div></div> </div>	<div> <div>Ca</div> <div>कैल्शियम</div> <div>20</div> <div></div> </div>	<div> <div>Sc</div> <div>स्कैंडियम</div> <div>21</div> <div></div> </div>	<div> <div>Ti</div> <div>टाइटैनियम</div> <div>22</div> <div></div> </div>	<div> <div>V</div> <div>वैनेडियम</div> <div>23</div> <div></div> </div>	<div> <div>Cr</div> <div>क्रोमियम</div> <div>24</div> <div></div> </div>	<div> <div>Mn</div> <div>मैंगनीज</div> <div>25</div> <div></div> </div>	<div> <div>Fe</div> <div>आयरन</div> <div>26</div> <div></div> </div>	<div> <div>Co</div> <div>कोबाल्ट</div> <div>27</div> <div></div> </div>
<div> <div>Rb</div> <div>रुबिडियम</div> <div>37</div> <div></div> </div>	<div> <div>Sr</div> <div>स्ट्रॉशियम</div> <div>38</div> <div></div> </div>	<div> <div>Y</div> <div>इट्रियम</div> <div>39</div> <div></div> </div>	<div> <div>Zr</div> <div>जर्कोनियम</div> <div>40</div> <div></div> </div>	<div> <div>Nb</div> <div>नियोबियम</div> <div>41</div> <div></div> </div>	<div> <div>Mo</div> <div>मॉलिब्डेनम</div> <div>42</div> <div></div> </div>	<div> <div>Tc</div> <div>टेक्नेशियम</div> <div>43</div> <div></div> </div>	<div> <div>Ru</div> <div>रुथेनियम</div> <div>44</div> <div></div> </div>	<div> <div>Rh</div> <div>रोडियम</div> <div>45</div> <div></div> </div>
<div> <div>Cs</div> <div>सीज़ियम</div> <div>55</div> <div></div> </div>	<div> <div>Ba</div> <div>बेरियम</div> <div>56</div> <div></div> </div>	<div> <div>L</div> <div>लैथानाइड श्रृंखला</div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div>Hf</div> <div>हैफनियम</div> <div>72</div> <div></div> </div>	<div> <div>Ta</div> <div>टैंग्स्टलम</div> <div>73</div> <div></div> </div>	<div> <div>W</div> <div>टंग्स्टन</div> <div>74</div> <div></div> </div>	<div> <div>Re</div> <div>रेनियम</div> <div>75</div> <div></div> </div>	<div> <div>Os</div> <div>ओस्मियम</div> <div>76</div> <div></div> </div>	<div> <div>Ir</div> <div>इरिडियम</div> <div>77</div> <div></div> </div>
<div> <div>Fr</div> <div>फ्रेंसियम</div> <div>87</div> <div></div> </div>	<div> <div>Ra</div> <div>रेडियम</div> <div>88</div> <div></div> </div>	<div> <div>A</div> <div>एक्टिनाइड श्रृंखला</div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div>Rf</div> <div>रदरफोर्डियम</div> <div>104</div> <div></div> </div>	<div> <div>Db</div> <div>दुबनियम</div> <div>105</div> <div></div> </div>	<div> <div>Sg</div> <div>सीबोर्गियम</div> <div>106</div> <div></div> </div>	<div> <div>Bh</div> <div>बोहरियम</div> <div>107</div> <div></div> </div>	<div> <div>Hs</div> <div>हैसियम</div> <div>108</div> <div></div> </div>	<div> <div>Mt</div> <div>मीटनेरियम</div> <div>109</div> <div></div> </div>

पुनर्विज्ञांकन - डॉ. विदुला महेश



He हीलियम 2 

										Ne नियोन 10 					
										Ar आर्गन 18 					
										Kr क्रिप्टोन 36 					
										Xe सीलान 54 					
										Rn रेडॉन 86 					
B बोरॉन 5 	C कार्बन 6 	N नाइट्रोजन 7 	O ऑक्सीजन 8 	F फ्लुओरीन 9 											
Al ऐलुमिनियम 13 	Si सिलिकॉन 14 	P फॉस्फोरस 15 	S सल्फर 16 	Cl क्लोरीन 17 											
Ni निकेल 28 	Cu कॉपर 29 	Zn जिंक 30 	Ga गैलियम 31 	Ge जर्मेनियम 32 	As आर्सेनिक 33 	Se सिलोनियम 34 	Br ब्रोमीन 35 								
Pd पैलेडियम 46 	Ag सिल्वर 47 	Cd कैडमियम 48 	In इंडियम 49 	Sn टिन 50 	Sb ऐंटीमनी 51 	Te टेलूरियम 52 	I आयोडिन 53 								
Pt प्लैटिनम 78 	Au गोल्ड 79 	Hg मर्करी 80 	Tl थेलियम 81 	Pb लेड 82 	Bi बिस्मथ 83 	Po पोलोनियम 84 	At ऐस्टेटाइन 85 								
L	La 57 	Ce 58 	Pr 59 	Nd 60 	Pm 61 	Sm 62 	Eu 63 	Gd 64 	Tb 65 	Dy 66 	Ho 67 	Er 68 	Tm 69 	Yb 70 	Lu 71 
लेथानाइड श्रृंखला															
A	Ac 89 	Th 90 	Pa 91 	U 92 	Np 93 	Pu 94 	Am 95 	Cm 96 	Bk 97 	Cf 98 	Es 99 	Fm 100 	Md 101 	No 102 	Lr 103
ऐक्टिनाइड श्रृंखला															